

# USO EFICIENTE DA ÁGUA NOS EDIFÍCIOS

*Daniel Guedes dos Santos Martins*

**Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente**

Orientadores



Prof. Doutor Mário Valente Neves



Engenheiro Ricardo Sá

Arquitecto Jeann Vieira

**Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto**

**Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente**

Julho de 2009



# **Uso Eficiente da Água nos Edifícios**

*Daniel Guedes dos Santos Martins*

Dissertação submetida para satisfação parcial dos  
requisitos de grau de mestre em

**Engenharia do Ambiente**

Julho 2009



“ O HOMEM TEM O PRIVILÉGIO DE TER O ENGENHO E INTELIGÊNCIA SUPERIORES,  
ENTÃO NÃO DESPERDICEMOS ESSE DOM E FAÇAMOS ALGO POR UM MUNDO  
MELHOR”

*DANIEL*



## RESUMO

Cada vez mais se começa a compreender que a água é um bem essencial e que por isso mesmo deve ser preservado. Cabe então aos países desenvolvidos, responsáveis pelo seu maior consumo, a obrigação de tornar o uso deste recurso o mais sustentável possível, promovendo técnicas e tecnologias de redução, reutilização e aproveitamento e aplicando-as sempre que possível.

Neste estudo procurou-se abordar conjunta e separadamente três temáticas que se prendem com a gestão eficiente da água nos edifícios, que são elas a poupança, o aproveitamento de águas pluviais e o aproveitamento de águas cinzentas.

Analisou-se cada uma delas sob o ponto de vista da concepção, do benefício económico obtido e do alcançar dos objectivos propostos por dois sistemas de avaliação ambiental reconhecidos internacionalmente, o LEED e o BREEAM.

Essa análise incidiu sobre dois casos de estudo que representam duas das maiores classes de edifícios, uma habitação doméstica e um edifício de escritórios. Consideraram-se também as suas localizações, sendo definidas duas que representassem diferentes climas e tarifários, Porto e Faro.

No que respeita à análise económica tiveram-se em conta os investimentos, os benefícios com a poupança, as tarifas actuais e a sua evolução, e para facilitar a compreensão dos resultados calcularam-se parâmetros como a taxa interna de rentabilidade, o tempo de retorno do investimento e os ganhos esperados ao final de 10 anos.

Devido à complexidade e variabilidade que cada abordagem representa foi necessário criar uma ferramenta que permitisse otimizar o tratamento dos dados, permitindo assim que várias experiências se tivessem realizado e enriquecido a componente académica deste trabalho.





## ABSTRACT

Humanity is increasingly beginning to understand that water is an essential good and therefore, it must be preserved. The developed countries, which have the higher consume off this resource, have the obligation to make its use the most sustainable and responsible as possible, promoting techniques and technologies in order to reduce, reuse and recycle water.

This study tried to aboard three issues together and separately that are connected with the efficient management of water in buildings. They are the saving, the rainwater harvesting and the greywater recycling.

It was analyzed each one from the point of view of the design, the economic benefit obtained and the achievement of the objectives proposed by two environmental assessment systems, LEED and BREEAM .

This analysis focused on two case studies that represent two major classes of buildings, a residential home and an office building. It was also considerate their locations, and established two Portuguese cities that represent different climates and tariffs, Porto and Faro.

The economic analysis have in mind the investment, the benefits achieved with the savings, the current rates and its development. For better understanding of the results, the performance parameters were calculated, as the internal rate of return, payback time and the benefits expected at the end of 10 years.

As a result to the complexity and variability of each approach, it was created a tool that optimizes the processing of data, thus allowing multiple experiments to be done and had enriching the academic component of this work.



## AGRADECIMENTOS

Queria agradecer ao meu coordenador, Professor Doutor Mário Valente Neves, pela grande disponibilidade que demonstrou sempre que precisei da sua ajuda e pelo encorajamento e simpatia que sempre teve para comigo.

A toda a equipa da Edifícios Saudáveis, que me acolheu durante a realização deste estudo e me facultou todo o apoio material e técnico de que necessitei.

Ao Professor José Fernando Oliveira, pela ajuda essencial que me deu na área económica.

À minha família, porque sem eles eu não seria o que sou e a pessoa que sou hoje.

À Débora, por tantas horas que perdeu comigo a descobrir calinadas no Português, pela motivação e pelo companheirismo, porque és a melhor amiga que alguém pode ter.

Ao Tiago Silva e ao Tiago Pires, pela camaradagem e porque sempre se mostraram interessados no tema, possibilitando-me boas discussões e o conhecimento de outros pontos de vista.

A todos os meus amigos, por me fazerem apreciar ainda mais a vida.

Ao anónimo que me ajudou no desenvolvimento do tema, pelo simples partilhar de conhecimentos e interesse mútuo.



# ÍNDICE GERAL

<b>RESUMO .....</b>	<b>I</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>III</b>
<b>AGRADECIMENTOS .....</b>	<b>V</b>
<b>ÍNDICE GERAL .....</b>	<b>VII</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>XI</b>
<b>ÍNDICE DE TABELAS .....</b>	<b>XV</b>
<b>NOMENCLATURA .....</b>	<b>XVII</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>3</b>
<b>A ÁGUA .....</b>	<b>3</b>
1.1. CONSUMO NO SECTOR URBANO.....	4
1.2. ESTRATÉGIAS DE POUPANÇA DE ÁGUA NO SECTOR URBANO .....	6
1.3. SISTEMAS LEED E BREEAM .....	6
<b>2. REDUÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA.....</b>	<b>11</b>
2.1. MOTIVAÇÃO.....	11
2.2. CRÉDITOS LEED E BREEAM EM ANÁLISE .....	13
2.2.1. CRÉDITOS LEED .....	13
2.2.2. CRÉDITOS BREEAM .....	14
2.2.3. CRÉDITOS NÃO CONSIDERADOS .....	14
2.3. DEFINIÇÃO DOS CASOS DE ESTUDO POR TIPO E ZONA .....	15
2.4. CONSUMOS BASE DE ACORDO COM OS CASOS DE ESTUDO.....	16
2.4.1. DEFINIÇÃO DOS CONSUMOS BASE POR EQUIPAMENTO. ....	16

2.4.2.	EQUIPAMENTOS TIPO.....	17
2.4.3.	DEFINIÇÃO DOS PERFIS DE UTILIZAÇÃO .....	19
2.4.4.	CÁLCULO DOS CONSUMOS BASE TOTAIS.....	21
<b>2.5.</b>	<b>DEFINIÇÃO DA TARIFA, ENERGIA E CUSTOS BASE .....</b>	<b>25</b>
2.5.1.	TARIFA DE CONSUMO DE ÁGUA .....	25
2.5.2.	TARIFA DE ENERGIA .....	26
2.5.3.	CUSTOS BASE.....	29
<b>2.6.</b>	<b>DEFINIÇÃO E ESTUDO DOS EQUIPAMENTOS PASSÍVEIS DE POUPANÇA .....</b>	<b>30</b>
2.6.1.	AUTOCLISMOS .....	32
2.6.2.	TORNEIRAS.....	34
2.6.3.	URINÓIS.....	36
2.6.4.	CHUVEIROS .....	37
2.6.5.	MÁQUINA DE LAVAR ROUPA E MÁQUINA DE LAVAR LOIÇA .....	39
<b>2.7.</b>	<b>ANÁLISE ECONÓMICA .....</b>	<b>41</b>
2.7.1.	CÁLCULO DOS BENEFÍCIOS ANUAIS .....	41
2.7.2.	PROCEDIMENTOS E PARÂMETROS DA ANÁLISE DE INVESTIMENTO.....	43
<b>2.8.</b>	<b>EXPLICAÇÃO DA FERRAMENTA DE CÁLCULO .....</b>	<b>46</b>
<b>2.9.</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>49</b>
<b>2.10.</b>	<b>VIABILIDADE DOS CRÉDITOS LEED E BREEAM .....</b>	<b>55</b>
2.10.1.	VIABILIDADE DOS CRÉDITOS LEED .....	56
2.10.2.	VIABILIDADE DOS CRÉDITOS BREEAM .....	57
<b>2.11.</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>59</b>
<b>3.</b>	<b><u>APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS .....</u></b>	<b><u>63</u></b>
<b>3.1.</b>	<b>MOTIVAÇÃO.....</b>	<b>63</b>
<b>3.2.</b>	<b>SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS NO MUNDO E EM PORTUGAL .....</b>	<b>64</b>
3.2.1.	CASOS DE IMPLEMENTAÇÃO .....	64
3.2.2.	INCENTIVOS, LEGISLAÇÃO E LIMITAÇÕES .....	67
<b>3.3.</b>	<b>DESCRIÇÃO E FUNCIONAMENTO DE UM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS.....</b>	<b>69</b>
3.3.1.	RECOLHA E ENCAMINHAMENTO DA ÁGUA.....	70
3.3.2.	REJEIÇÃO DAS PRIMEIRAS ÁGUAS E FILTRAGEM .....	71
3.3.3.	ARMAZENAMENTO .....	74
3.3.4.	DISTRIBUIÇÃO PELO EDIFÍCIO .....	77
<b>3.4.</b>	<b>CUSTO DE UM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS .....</b>	<b>79</b>

3.4.1.	CUSTOS ESTIMADOS .....	80
3.4.2.	CUSTOS PARA A HABITAÇÃO FAMILIAR .....	82
3.4.3.	CUSTOS PARA O EDIFÍCIO DE ESCRITÓRIOS .....	85
<b>3.5.</b>	<b>CÁLCULO DO VOLUME DO RESERVATÓRIO .....</b>	<b>89</b>
3.5.1.	MÉTODOS EXISTENTES PARA O CÁLCULO DO VOLUME .....	89
3.5.2.	MÉTODO ESCOLHIDO .....	91
3.5.3.	CONSIDERAÇÕES SOBRE A ANÁLISE ECONÓMICA.....	95
3.5.4.	FERRAMENTA DE CÁLCULO .....	95
3.5.5.	APLICAÇÃO AOS CASOS DE ESTUDO .....	98
<b>3.6.</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>100</b>
3.6.1.	REDUÇÕES E VIABILIDADE ECONÓMICA.....	101
3.6.2.	VERIFICAÇÃO DA SENSIBILIDADE DO MÉTODO .....	109
3.6.3.	VIABILIDADE DOS CRÉDITOS LEED .....	109
<b>3.7.</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>111</b>
<b>4.</b>	<b><u>APROVEITAMENTO DE ÁGUAS CINZENTAS .....</u></b>	<b><u>115</u></b>
<b>4.1.</b>	<b>MOTIVAÇÃO.....</b>	<b>115</b>
<b>4.2.</b>	<b>ÁGUAS CINZENTAS .....</b>	<b>115</b>
4.2.1.	CASOS DE APLICAÇÃO .....	116
4.2.2.	INCENTIVOS, LEGISLAÇÃO E LIMITAÇÕES .....	117
<b>4.3.</b>	<b>DESCRIÇÃO E FUNCIONAMENTO DE UM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS CINZENTAS.....</b>	<b>118</b>
4.3.1.	SISTEMA DE TRATAMENTO .....	118
4.3.2.	DISTRIBUIÇÃO PELO EDIFÍCIO .....	120
<b>4.4.</b>	<b>PRODUÇÃO E CONSUMOS .....</b>	<b>120</b>
4.4.1.	HABITAÇÃO FAMILIAR.....	121
4.4.2.	EDIFÍCIO DE ESCRITÓRIOS .....	122
<b>4.5.</b>	<b>CUSTOS .....</b>	<b>123</b>
4.5.1.	CUSTOS ESTIMADOS .....	123
4.5.2.	CUSTOS PARA A HABITAÇÃO FAMILIAR .....	124
4.5.3.	CUSTOS PARA O EDIFÍCIO DE ESCRITÓRIOS.....	126
<b>4.6.</b>	<b>FERRAMENTA DE CÁLCULO .....</b>	<b>128</b>
<b>4.7.</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>130</b>
4.7.1.	REDUÇÕES E VIABILIDADE ECONÓMICA .....	130
4.7.2.	VIABILIDADE DOS CRÉDITOS LEED .....	133

<b>4.8. CONCLUSÕES .....</b>	<b>135</b>
<b><u>5. CONCLUSÕES GERAIS.....</u></b>	<b><u>139</u></b>
<b><u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</u></b>	<b><u>143</u></b>
<b><u>ANEXOS .....</u></b>	<b><u>147</u></b>
<b>ANEXO A: EQUIPAMENTOS TIPO E EQUIPAMENTOS DE POUPANÇA.....</b>	<b>149</b>
<b>ANEXO B: SISTEMA DE APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA .....</b>	<b>153</b>
<b>ANEXO C: ESTIMATIVAS ORÇAMENTAIS DO SAAP PARA A HABITAÇÃO FAMILIAR.....</b>	<b>155</b>
<b>ANEXO D: RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO SAAP .....</b>	<b>165</b>
<b>ANEXO E: RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO SAAC .....</b>	<b>175</b>



# ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.1- Previsão do número de dias secos consecutivos para o sudoeste Europeu</i>	4
<i>Figura 1.2 – Consumos por sector na Europa</i>	5
<i>Figura 1.3 – Consumos por sector em Portugal</i>	5
<i>Figura 2.1- Média ponderada do preço médio do serviço das Entidades Gestoras Concessionárias (EGC) de sistemas municipais de abastecimento e saneamento de águas residuais</i>	11
<i>Figura 2.2- Tarifário doméstico de acordo com o escalão de consumo</i>	12
<i>Figura 2.3- Repartição dos consumos de energia no sector doméstico [21]</i>	12
<i>Figura 2.4- Consumos para a habitação</i>	23
<i>Figura 2.5- Consumos segundo o PNUEA</i>	23
<i>Figura 2.6- Consumos para o edifício de escritórios (LEED)</i>	25
<i>Figura 2.7- Consumos para o edifício de escritórios (BREEAM)</i>	25
<i>Figura 2.8- Gastos com o aquecimento para a habitação doméstica</i>	30
<i>Figura 2.9- Autoclismo interior Geberit UP320 e placas de comando de descarga Rumba e Samba</i>	33
<i>Figura 2.10- Autoclismo Havana da marca OLI [9]</i>	33
<i>Figura 2.11- Válvula de dupla descarga Geberit Impuls280</i>	33
<i>Figura 2.12- Série Monojet N e sistema Ecodisk</i>	34
<i>Figura 2.13- Ponteira perlizadora RST</i>	35
<i>Figura 2.14- Série Monojet N com bica extensível</i>	35
<i>Figura 2.15- Torneira pneumática Hytouch 26</i>	36
<i>Figura 2.16- Placa de comando de descarga Samba, estrutura GIS universal e urinol cerâmico</i>	36
<i>Figura 2.17- Urinol sem água da Uridan e esquema de funcionamento [13]</i>	37
<i>Figura 2.18- Chuveiros Novolux e Novolence</i>	38
<i>Figura 2.19- Chuveiro Profilux</i>	39
<i>Figura 2.20- Máquinas de lavar loiça Bosch e Siemens</i>	39
<i>Figura 2.22- Novos consumos na habitação face aos anteriores</i>	40
<i>Figura 2.23- Novos consumos no edifício de escritórios face aos anteriores (LEED)</i>	40
<i>Figura 2.21- Máquinas de lavar roupa Teka e Siemens</i>	40
<i>Figura 2.24- Novos consumos no edifício de escritórios face aos anteriores (BREEAM)</i>	41
<i>Figura 3.1- Redução no escoamento superficial para áreas urbanizadas</i>	63
<i>Figura 3.2- Exemplo do sistema no Brasil</i>	65
<i>Figura 3.3- Aplicação de um SAAP no centro comercial Alexa</i>	66
<i>Figura 3.4- Sistema de climatização que utiliza água da chuva</i>	67
<i>Figura 3.5- Etapas de funcionamento de um SAAP</i>	69
<i>Figura 3.6- Caixa de visita e electroválvula</i>	71

<i>Figura 3.7- Dispositivo de rejeição utilizado na Austrália</i>	72
<i>Figura 3.9- Filtro interno de auto-limpeza Optimax</i>	73
<i>Figura 3.8- Filtro FGC1 da 3P Technik e sua localização</i>	73
<i>Figura 3.10 Dispositivo anti-turbulência da 3P Technik</i>	74
<i>Figura 3.11- Sifão Uno e sifão Duo da 3P Technik [25]</i>	75
<i>Figura 3.12- Dispositivo de sucção da 3P Technik [25]</i>	75
<i>Figura 3.13- Funcionamento dos dispositivos</i>	76
<i>Figura 3.14- Reservatório de PEAD e reservatório de Betão Armado</i>	77
<i>Figura 3.15- Grupo de pressão da Wilo [28]</i>	79
<i>Figura 3.16 – Custo de reservatórios em função da capacidade</i>	80
<i>Figura 3.17- Custo dos reservatórios em função do volume</i>	81
<i>Figura 3.18- Resumo das estimativas orçamentais para os três cenários de estudo</i>	83
<i>Figura 3.19- Custos estimados para os componentes</i>	84
<i>Figura 3.20- Grupo de pressão Wilo</i>	87
<i>Figura 3.21- Filtro industrial da 3P Technik e seu funcionamento</i>	88
<i>Figura 3.22- Distribuição da precipitação em duas cidades portuguesas e duas alemãs</i>	91
<i>Figura 3.23- Estações meteorológicas</i>	92
<i>Figura 3.24- Filtro 3P Rainus</i>	98
<i>Figura 3.25- Reduções e tempos de retorno do investimento em função do volume do reservatório</i>	101
<i>Figura 3.26- Ganhos ao fim de 10 anos em função do volume do reservatório</i>	101
<i>Figura 3.27- Reduções e tempos de retorno do investimento em função do volume do reservatório (Faro)</i>	102
<i>Figura 3.28- Ganhos ao final de 10 anos em função do volume do reservatório</i>	102
<i>Figura 3.29- Ganhos para 10 anos e volume óptimo em função do nº de habitações</i>	103
<i>Figura 3.30- Reduções e tempos de retorno do investimento em função do volume do reservatório</i>	103
<i>Figura 3.31 - Ganhos ao final de 10 anos em função do volume do reservatório</i>	104
<i>Figura 3.32- Ganhos para 10 anos e volume óptimo em função do nº de habitações</i>	104
<i>Figura 3.33- Ganhos para 10 anos e grau de aproveitamento em função do nº de habitações</i>	105
<i>Figura 3.34- Ganhos para 10 anos e grau de aproveitamento em função do nº de habitações</i>	105
<i>Figura 3.35- Ganhos para 10 anos e grau de aproveitamento em função do nº de habitações</i>	106
<i>Figura 3.36- Ganhos para 10 anos e grau de aproveitamento em função do nº de habitações</i>	106
<i>Figura 3.37- Reduções, TIR e TRI em função do volume do reservatório (Porto)</i>	107
<i>Figura 3.38- Ganhos para 10 anos em função do volume (Porto)</i>	107
<i>Figura 3.39- Reduções, TIR e TRI em função do volume do reservatório (Faro)</i>	108
<i>Figura 3.40- Ganhos para 10 anos em função do volume (Faro)</i>	108
<i>Figura 4.1- Sistema de tratamento na habitação</i>	116
<i>Figura 4.2- Sistema de tratamento no condomínio</i>	117
<i>Figura 4.3- Sistema de tratamento no restaurante</i>	117
<i>Figura 4.4 - Sistema de aproveitamento de águas cinzentas num edifício</i>	118

<i>Figura 4.5- Arejador de alto rendimento e difusor de membrana</i>	123
<i>Figura 4.6- Sistema de tratamento de águas cinzentas</i>	125
<i>Figura 4.7- TRI e ganhos ao final de 10 anos em função do nº de habitações (Porto)</i>	131
<i>Figura 4.8- TRI e ganhos ao final de 10 anos em função do nº de habitações (Faro)</i>	131



# ÍNDICE DE TABELAS

<i>Tabela 2.1- Equipamentos da habitação familiar</i>	15
<i>Tabela 2.2- Equipamentos do edifício de escritórios</i>	16
<i>Tabela 2.3- Consumos de referência dados pelo LEED (5,5Bar)</i>	17
<i>Tabela 2.4- Consumos de referência dados pelo BREEAM (3Bar)</i>	17
<i>Tabela 2.5- Consumos e preços dos equipamentos tipo para a habitação familiar</i>	18
<i>Tabela 2.6- Consumos e preços dos equipamentos tipo para o edifício de escritórios.</i>	18
<i>Tabela 2.7- Média das utilizações diárias por indivíduo</i>	19
<i>Tabela 2.8- Perfis de utilização diários para uma habitação doméstica</i>	20
<i>Tabela 2.9- Perfis de utilização para a Torre de escritórios.</i>	21
<i>Tabela 2.10- Perfis de utilização para o balneário</i>	21
<i>Tabela 2.11- Obtenção dos consumos para uma habitação com quatro pessoas.</i>	22
<i>Tabela 2.12- Ponderação dos valores do PNUEA</i>	23
<i>Tabela 2.13- Consumos e perfis de utilização para o edifício de escritórios</i>	24
<i>Tabela 2.14- Consumos totais para o edifício de escritórios</i>	24
<i>Tabela 2.15- Tarifas por zona e para cada caso de estudo</i>	26
<i>Tabela 2.16- Custos base para habitação doméstica</i>	29
<i>Tabela 2.17- Custos base para edifício de escritórios (LEED)</i>	29
<i>Tabela 2.18- Custos base para edifício de escritórios (BEEAM)</i>	29
<i>Tabela 2.19- Equipamentos de poupança para a habitação familiar</i>	31
<i>Tabela 2.20- Equipamentos de poupança para o edifício de escritórios</i>	31
<i>Tabela 2.21- Obtenção dos benefícios para o caso da habitação familiar</i>	42
<i>Tabela 2.22- Obtenção dos benefícios para o caso do edifício de escritórios tendo por base o LEED</i>	42
<i>Tabela 2.23- Obtenção dos benefícios para o caso do edifício de escritórios tendo por base o BREEAM</i>	42
<i>Tabela 2.24- Tarifas desfavoráveis e favoráveis</i>	46
<i>Tabela 2.25- Resultados para o Porto numa situação desfavorável</i>	49
<i>Tabela 2.26- Resultados completos para a localização Porto para as duas situações</i>	50
<i>Tabela 2.27- Resultados completos para a localização Faro para as duas situações</i>	51
<i>Tabela 2.28- Resultados para o Porto numa situação desfavorável</i>	52
<i>Tabela 2.29- Resultados completos para a localização Porto para as duas situações</i>	53
<i>Tabela 2.30- Resultados completos para a localização Faro para as duas situações</i>	53
<i>Tabela 2.31- Resultados da situação desfavorável para a localização Porto</i>	54
<i>Tabela 2.32- Resultados para as duas situações no Porto</i>	55
<i>Tabela 2.33- Resultados para as duas situações em Faro</i>	55
<i>Tabela 2.34- Reduções para os WC's e análise económica</i>	56

<i>Tabela 2.35- Redução do consumo total e análise económica</i>	57
<i>Tabela 2.36- Consumos, redução total e análise económica</i>	58
<i>Tabela 2.37- Tabela resumo dos créditos para a estratégia de poupança</i>	59
<i>Tabela 3.1- Coeficientes de escoamento de acordo com o tipo de cobertura</i>	70
<i>Tabela 3.2- Requisitos de qualidade para as águas balneares</i>	78
<i>Tabela 3.3 Representação dos custos dos principais componentes</i>	83
<i>Tabela 3.4- Resumo dos custos para a habitação familiar</i>	85
<i>Tabela 3.5- Cálculo do caudal acumulado total</i>	86
<i>Tabela 3.6- Preços para os grupos de pressão</i>	87
<i>Tabela 3.7- Resumo dos custos para o edifício de escritórios</i>	89
<i>Tabela 3.8- Precipitação total ocorrida</i>	98
<i>Tabela 3.9- Características da habitação e SAAP</i>	99
<i>Tabela 3.10- Consumos considerados para a habitação familiar</i>	99
<i>Tabela 3.11- Características do edifício e SAAP</i>	100
<i>Tabela 3.12- Consumos considerados para o edifício de escritórios</i>	100
<i>Tabela 3.13- Volume óptimo e respectivos ganhos ao final de 10 anos para cada conjunto de precipitações</i>	109
<i>Tabela 3.14- Reduções nos consumos dos WC's e ganhos</i>	110
<i>Tabela 3.15- Reduções nos consumos totais e ganhos</i>	111
<i>Tabela 4.1- Produção de águas cinzentas (habitação familiar)</i>	121
<i>Tabela 4.2 - Consumos de águas cinzentas (habitação familiar)</i>	122
<i>Tabela 4.3- Produção de águas cinzentas (edifício de escritórios)</i>	122
<i>Tabela 4.4- Consumos de águas cinzentas (edifício de escritórios)</i>	122
<i>Tabela 4.5- Resumo dos custos para a habitação familiar</i>	126
<i>Tabela 4.6- Resumo dos custos para o edifício de escritórios</i>	127
<i>Tabela 4.7- Resultados para a habitação familiar (consumo base)</i>	130
<i>Tabela 4.8- Resultados para o edifício de escritórios (máxima poupança)</i>	132
<i>Tabela 4.9- Resultados para o edifício de escritórios (sem chuveiros)</i>	132
<i>Tabela 4.10- Reduções conseguidas nos WC's e ganhos</i>	133
<i>Tabela 4.11- Reduções totais conseguidas e respectivos ganhos</i>	134

## NOMENCLATURA

AAE	Agência Ambiental Europeia
ADN	Ácido Desoxirribonucleico
AQS	Água Quente Sanitária
AVAC	Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado
BREEAM	Building Research Establishment Environmental Assessment Method
EGC	Entidades Gestoras Concessionárias.
ETA	Estação de Tratamento de Águas
ETAR	Estação de Tratamento de Águas Residuais
FTE	Full Time Equivalent
IMI	Imposto Municipal sobre Imóveis
IV	Infravermelho
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
LEED - NC	LEED for New Construction
MAOT	Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território
ONU	Organização das Nações Unidas
PEAD	Polietileno de Alta Densidade
PNUEA	Plano Nacional par ao Uso Eficiente da Água
PRFV	Poliéster Reforçado com Fibra de Vidro
RGAAR	Regulamento Geral dos Sistema Públicos e Prediais de Distribuição de Água e Águas Residuais
SAAC	Sistema de Aproveitamento de Águas Cinzentas
SAAP	Sistema de Aproveitamento de Águas Residuais

## *Nomenclatura*

SBR	Sequencing Batch Reactor
SMAS	Serviços Municipalizados
TIR	Taxa Interna de Rentabilidade
TRI	Tempo de Retorno do Investimento
USGBC	United States Green Building Council
UV	Ultravioleta



# **INTRODUÇÃO**

A Água

Consumo no Sector Urbano

Estratégias de Poupança de Água no Sector Urbano

Sistemas LEED e BREEAM



# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. A ÁGUA

A água é um recurso essencial a todos os seres vivos, e como não poderia deixar de ser, para o Homem também. É necessária para beber e regar os campos de cultivo, que por sua vez fornecem os alimentos para pessoas e animais. É vital para a manutenção dos ecossistemas, que suportam e sustentam as actividades económicas e sociais, para a regulação do clima e para a existência de um mundo paralelo ao terrestre, o aquático.

À medida que a civilização evoluía aprendeu a tirar partido da água para outros fins, tais como a produção de energia ou a indústria. Cedo se começou a perceber que esta poderia chegar mais facilmente e em maior quantidade até às pessoas desviando-a do seu curso normal, retendo-a em barragens, ou perfurando a terra, para a obter com maior qualidade e com menor variabilidade na sua disponibilidade.

Em torno das grandes fontes deste recurso a Humanidade cresceu próspera, com uma pujança sem limites, e assim se formaram grandes cidades nos cursos dos rios, ou em contacto com o mar, mas sempre com uma fonte de água doce disponível.

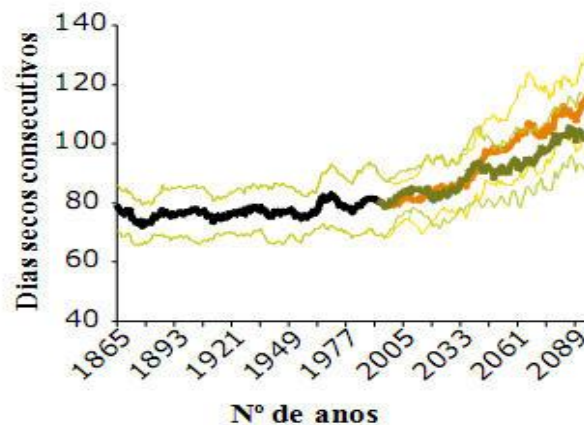
Infelizmente uma grande parte desses países desenvolvidos, onde se inclui Portugal, desperdiçam-na porque a tem como um recurso assegurado e inesgotável.

O que acontece é que só se dá importância a um recurso que se tem como adquirido quando se deixa de o ter. Esta é uma verdade universal que se verifica também com a água.

Nos últimos anos os períodos de seca têm aumentado em muitas regiões da Europa, principalmente no Sudoeste Europeu, como a que assombrou Portugal no ano de 2005 [35], em que 61% do país se encontrou em seca extrema. Nesse período a água teve de ser distribuída em autotanques às populações de algumas zonas do interior, as barragens encontravam-se com altos níveis de eutrofização e teve de se comprar ração ao estrangeiro para que o gado não morresse de fome.

Apesar disso, e felizmente, esta seca praticamente não atingiu a distribuição de água e a indústria, sectores esses que afectariam directamente a grande maioria da população. Ficou portanto o aviso de que este recurso se deve gerir de forma eficiente, com vista a combater fenómenos deste tipo que são inevitáveis e cada vez mais comuns.

Para além disso espera-se que os Verões venham a ser mais secos, tal como ilustrado na Figura 1.1, que representa o registo e previsão para os próximos anos do número de dias secos (com precipitações inferiores a 1 mm) consecutivos para o Sudoeste Europeu.



**Figura 1.1- Previsão do número de dias secos consecutivos para o sudoeste Europeu**  
European Environment Agency [2009]

Mas os problemas não são só esses, o crescimento da população mundial tem aumentado a pressão exercida sobre as fontes de água, levando ao esgotamento dos aquíferos e poluição das linhas de água.

Crescem por isso os conflitos em torno deste recurso, como por exemplo a guerra sangrenta em Darfur, no Sudão, que se deu em parte por causa pelo domínio de uma fonte de água principal.

Um dos fenómenos decorrentes do consumo insustentável de água prende-se com a intrusão salina nos aquíferos, que se dá quando a água doce chega a um nível tão baixo que permite a entrada da água do mar e consequente poluição do aquífero. Portugal tem situações graves registadas no Algarve, onde o turismo e a agricultura foram as principais causas.

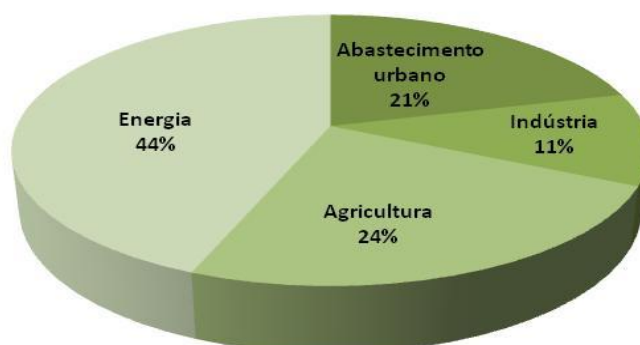
Apesar de não poderem controlar todos estes fenómenos, os países desenvolvidos podem e devem tomar medidas correctivas na gestão deste recurso. Pois são eles que o “consomem” com mais voracidade e têm ao mesmo tempo a maior capacidade técnica e financeira para implementar soluções que permitam mudar o rumo que tem vindo a ser seguido.

## 1.2. CONSUMO NO SECTOR URBANO

Seguindo esta linha de pensamento, o presente estudo procura descrever, analisar e reflectir sobre medidas que permitem reduzir o consumo de água no sector urbano, que tem como principais intervenientes as habitações, os edifícios comerciais e institucionais.

Apesar de não ser esse o sector responsável pelos maiores consumos de água em Portugal e na Europa, como se poderá verificar pelas Figuras 1.2 e 1.3, é um sector que envolve um esforço considerável no tratamento da água, no transporte até ao consumidor e no posterior tratamento, com os consequentes impactes ambientais e financeiros.

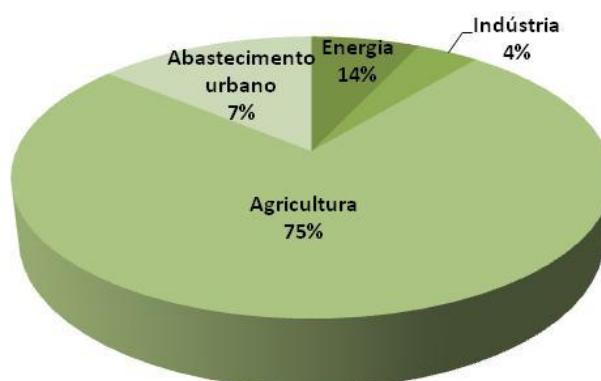
### Consumo de água por sectores na Europa



**Figura 1.2 – Consumos por sector na Europa**

European Environment Agency

### Consumo de água por sectores em Portugal



**Figura 1.3 – Consumos por sector em Portugal**

Plano Nacional para o Uso Eficiente da Água (PNUEA) [15]

Para além disso, a redução no consumo urbano permite diminuir a pressão nos recursos hídricos, principalmente quando a sua fonte são barragens ou aquíferos.

De um ponto de vista económico, os custos efectivos com a utilização da água que este consumo representa são cerca de 48% do custo total, o que evidencia uma oportunidade de tornar os investimentos em poupança não só ambientalmente como também economicamente sustentáveis.

Existem algumas estratégias para reduzir o consumo de água neste sector, enumeradas no ponto seguinte.

### 1.3. ESTRATÉGIAS DE POUPANÇA DE ÁGUA NO SECTOR URBANO

As opções que se julga serem as melhores são destacadas seguidamente:

- Redução no consumo – Esta estratégia assenta na poupança da água aquando da sua utilização através do uso de sistemas eficientes como torneiras e chuveiros de baixo consumo, autoclismos dual e redutores de caudal. Tem sido levada a cabo por muitas superfícies comerciais e locais públicos e como tal tornou-se frequente.
- Aproveitamento das águas pluviais – É apresentada como uma opção a estudar na medida em que possibilita um fornecimento suplementar de água ao edifício e reduz o escoamento superficial e os seus inconvenientes.
- Aproveitamento das águas cinzentas – Esta opção, para além de possibilitar uma poupança de água potável, diminui a produção de águas residuais. Além disso representa uma fonte constante de água desde que o edifício esteja a ser usado.

Estas são também as estratégias consideradas para preencher os requisitos de desempenho ambiental nos edifícios, na área dos recursos hídricos, dados pelo sistema LEED e BRREAM, que são descritos no ponto seguinte.

### 1.4. SISTEMAS LEED E BREEAM

A utilização racional da água é uma das vertentes do tema “sustentabilidade em edifícios” que inclui as vertentes de utilização racional de energia, integração de energias renováveis, utilização de materiais de baixo impacto ecológico e qualidade do ambiente interior.

Existem dois grandes métodos de referência internacionais que definem o conjunto de requisitos a que um edifício deve obedecer para ser considerado sustentável, são eles:

- LEED – O LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) é um sistema americano de avaliação e certificação ambiental de edifícios de carácter voluntário desenvolvido pelo U.S. Green Building Council (USGBC), uma organização sem fins lucrativos empenhada na expansão de práticas sustentáveis nos edifícios.

É usado nos mais variados países e fornece aos detentores e construtores dos edifícios as ferramentas que necessitam para alterarem eficazmente a sua *performance* relativamente a cinco aspectos chave

nas áreas da saúde humana e ambiental, sustentabilidade do empreendimento, poupança de água, eficiência energética, escolha dos materiais e a qualidade do ambiente dentro do edifício.

Para obter uma certificação um projecto necessita de satisfazer todos os pré-requisitos e um número mínimo de pontos descritos no sistema para cada aspecto. Os pontos obtêm-se por cumprimento de créditos que nada mais são do que requisitos a atingir. A contabilização dos pontos é feita mediante uma soma simples dos critérios comprovadamente cumpridos levando depois à atribuição dos seguintes níveis de certificação, conforme o resultado:

- Certificado – 26 a 32 pontos;
- “Prata” – 33 a 38 pontos;
- “Ouro” – 39 a 51 pontos;
- “Platina” – 52 a 69 pontos;

Existe um conjunto de versões do LEED destinadas a diferentes utilizações, das quais de destacam o LEED-NC (New Construction and Major Renovations) para novas construções e projectos de renovação de grandes dimensões, o LEED-EB (Existing Buildings), para suportar a operação, manutenção e melhoria sustentável de edifícios existentes, o LEED-CI (Commercial Interiors), para espaços comerciais interiores, o LEED-CS (Core and Shell Development), que abrange a construção e implementação de elementos dos edifícios, como sendo a estrutura ou o sistema de Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado (AVAC), e ainda o LEED-H (Home) e LEED-ND (Neighborhood Development), para habitações e desenvolvimento da envolvente, respectivamente.

• BREEAM – O BREEAM (*Building Research Establishment Environmental Assessment Method*) é um sistema desenvolvido no Reino Unido de carácter voluntário concebido para ajudar os agentes envolvidos na construção, utilização e gestão dos edifícios a compreender e mitigar os impactos ambientais dos empreendimentos que eles projectam e constroem.

É um método de avaliação ambiental que estabelece as normas para as melhores práticas em desenvolvimento sustentável e reconhece o nível de qualidade alcançado em cada obra.

A avaliação funciona à base da atribuição de créditos sempre que se verifique que determinados requisitos, organizados em categorias, são cumpridos. Cada categoria em causa possui um peso específico, de acordo com a relevância determinada pelo sistema para a tipologia do edifício em causa, Pinheiro [2006].

Existem várias ferramentas da família da BREEAM, nomeadamente o Ecohomes, para habitações, o BREEAM for Offices, para edifícios de escritório, o BREEAM Industrial, para unidades industriais, o BREEAM Retail, para edifícios comerciais e ainda um sistema aberto para outras tipologias, o BREEAM Bespoke. Existem ainda outras versões já disponíveis para escolas, hospitais e prisões [Pinheiro, 2006].

## Introdução

Apesar de ser desenvolvido no Reino Unido, o BREEAM possui também a versão Europeia criada para satisfazer as necessidades de um método de avaliação da performance ambiental consistente e comparável e que reconhecesse as diferenças nos parâmetros de construção Europeus.

O estudo proposto terá então como ponto de partida os documentos produzidos por estas metodologias em particular para a temática da utilização racional da água.





# REDUÇÃO NO CONSUMO DE ÁGUA

Motivação

Créditos LEED e BREEAM

Definição dos Casos de Estudo por Tipo e Zona

Consumos Base de Acordo com os Casos de Estudo

Definição da Tarifa, Energia e Custos Base

Definição e Estudo dos Equipamentos Passíveis de Poupança

Análise Económica

Explicação da Ferramenta de Cálculo

Resultados e Discussão

Viabilidade dos Créditos LEED e BREEAM

Conclusões





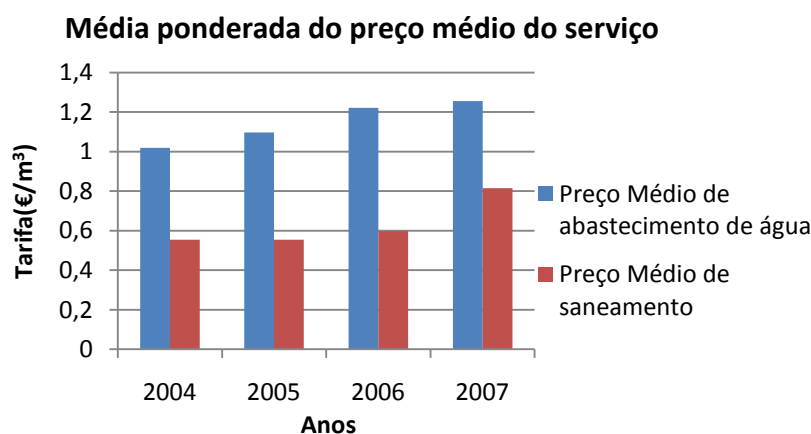
## 2. REDUÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA

### 2.1. MOTIVAÇÃO

Optou-se por analisar, em primeiro lugar, a temática da poupança da água consumida nos edifícios, uma vez que na sua maioria, a colocação de equipamentos de poupança não representa modificações na estrutura predial de abastecimento e rede de águas residuais do edifício, sendo por isso muito fáceis de aplicar. Para além disso, não interessa aplicar estratégias alternativas enquanto o consumo da água não for eficiente.

Outra das vantagens é que o investimento é bastante reduzido e o seu retorno é quase imediato permitindo poupar consideráveis quantidades de água potável.

A poupança de água conseguida acaba por se reflectir directamente na factura mensal de abastecimento de água e saneamento que, em alguns casos tem também implícita a taxa de resíduos, que são pagas numa só taxa em função da água consumida. Como se pode verificar pela Figura 2.1, referente ao último Relatório Anual do Sector de Águas e Resíduos [16], a tarifa final ao consumidor tem aumentado nos últimos anos, não se prevendo que diminua, dada a incorporação na nova taxa de recursos hídricos, suportada pela Lei da Água [1].



**Figura 2.1- Média ponderada do preço médio do serviço das Entidades Gestoras Concessionárias (EGC) de sistemas municipais de abastecimento e saneamento de águas residuais**

Em alguns casos a poupança pode ainda permitir a descida de escalão de consumo, o que pode implicar uma descida substancial da factura mensal. Veja-se a Figura 2.2 que representa os encargos por m<sup>3</sup> com a subida de escalão, para o caso de um consumo doméstico no Porto [2].

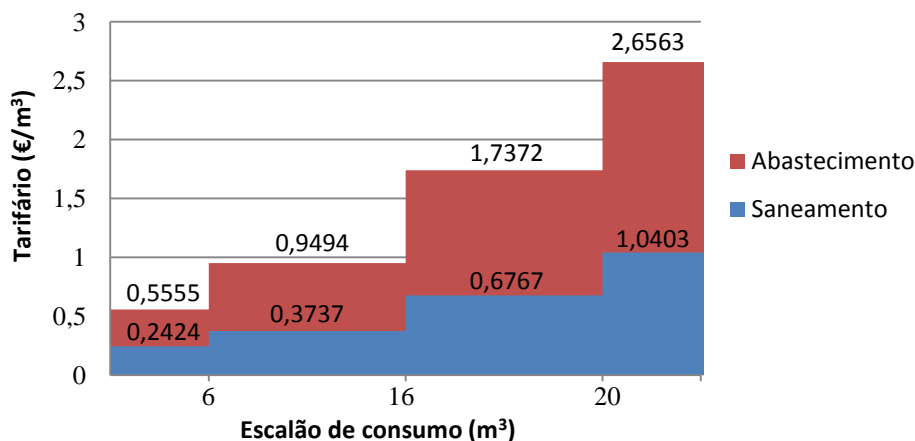


Figura 2.2- Tarifário doméstico de acordo com o escalão de consumo

Um outro factor, nem sempre perceptível, é a poupança nos consumos energéticos para aquecimento de Água Quente Sanitária (AQS) que representa, em conjunto com a confecção de alimentos, cerca de 50% dos consumos de energia no sector doméstico, como é indicado na Figura 2.3.

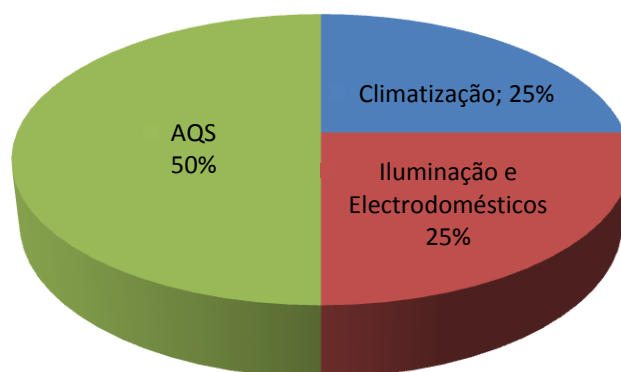


Figura 2.3- Repartição dos consumos de energia no sector doméstico [21]

Interessante será verificar que, segundo o Anuário Estatístico da Região Norte [3], as despesas com água, electricidade, gás e outros combustíveis representam cerca de 26% da despesa anual média por agregado, maior que os gastos com produtos alimentares e saúde juntos.

Os possíveis benefícios não são só para o potencial promotor como também para as Estações de Tratamento de Águas (ETA), pois reduzem-se os custos de tornar a água potável e de a bombear. Também para as Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) se possibilita a diminuição de situações de sobrecarga.

Esta estratégia está bem patente no Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água (PNUEA)[15] em que são enumeradas nove medidas com prioridade de aplicação elevada referindo-se à poupança de água em equipamentos tais como autoclismos, chuveiros, torneiras, máquinas de lavar louça e roupa e ainda urinóis.

## 2.2. CRÉDITOS LEED E BREEAM EM ANÁLISE

Como anteriormente referido, neste estudo procurou fazer-se a aplicação dos sistemas LEED e BREEAM ao caso de estudo. Assim, foi necessário seleccionar os créditos que indicam estratégias de redução do consumo de água potável por equipamentos mais eficientes.

### 2.2.1. *Créditos LEED*

O sistema LEED escolhido foi o utilizado para novas construções (LEED-NC) porque o caso de estudo abordado é uma construção nova. A categoria deste sistema que diz respeito à poupança de água é a Water Efficiency (WE) na qual os seguintes créditos foram propostos:

Crédito WE 2 – Redução do uso de água potável nos sanitários (urinóis e autoclismos) em 50% através do uso de equipamentos de poupança ou uso de água não potável (água da chuva, águas cinzentas recicladas e águas residuais tratadas no local ou nos sistemas municipais). Outra alternativa é fazer um tratamento terciário a 50% das águas residuais. Essa água deverá ser usada ou infiltrada no local;

Crédito WE 3.1 - Redução em 20% no consumo total de água potável (não incluindo a irrigação) através de sistemas de poupança, aproveitamento de águas pluviais ou reciclagem das cinzentas;

Crédito WE 3.2 – Redução em 30% no consumo total de água potável pelos mesmos métodos;

Crédito Extra – Este crédito é atribuído para *performances* exemplares e implica a redução em 40% no consumo total de água potável da mesma forma.

Note-se que todos estes créditos assumem a possibilidade de aproveitamento de águas pluviais e cinzentas para fins não potáveis, conseguindo-se assim uma redução. Estas estratégias foram revistas nos capítulos seguintes.

### **2.2.2. Créditos BREEAM**

A versão escolhida para este sistema foi a que se aplica a escritórios (BREEAM Offices) uma vez que o caso de estudo em que vai ser aplicado se trata especificamente de um edifício de escritórios. A categoria que se refere à água é a Water sendo que a estratégia utilizada neste capítulo está presente numa sua subcategoria (Water Consumption). Nela figuram os seguintes créditos:

Crédito 1- Todos os autoclismos têm um volume de descarga efectiva inferior ou igual a 4,5 L e deverão ser devidamente sinalizados.

O BREEAM estima que 3 em cada 4 utilizações do autoclismo se dão após micção, o que apenas requer uma descarga de volume menor, conforme o dispositivo. Assim, para um autoclismo com sistema dual de 3/6 L a média de volume de água descarregado deverá ser:

$$Média = \frac{3 * 3 + 1 * 6}{4} = 3,75 L$$

Crédito 2- Todos os autoclismos têm um volume de descarga efectiva inferior ou igual a 3 L e deverão ser devidamente sinalizados. Em alternativa deverá ser cumprido o crédito 1 e todos os autoclismos deverão ter uma válvula que os impede de começarem a encher durante a descarga.

Crédito 3- Escolher das seguintes opções, as duas que possibilitem a maior redução no consumo anual:

- A. Todas as torneiras, com excepção das torneiras de cozinha para fins múltiplos e exteriores, deverão ter um caudal máximo de 6 L/min a 3 Bar e serão ou deverão ser uma combinação de torneiras com temporizador, comando electrónico, redutores de caudal ou ainda de pulverizadores.
- B. Todos os chuveiros não deverão ultrapassar um fluxo de 9 L/min para uma pressão de 3 Bar.
- C. Todos os urinóis terão detectores de presença, fluxos muito baixos ou mesmo funcionar sem água.

### **2.2.3. Créditos não considerados**

Os requisitos dos créditos 1.1 e 1.2 do sistema LEED dizem respeito à redução no consumo de água para irrigação ou implementação de alternativas de obtenção de água, também para irrigação.



Estes créditos não foram contabilizados por serem referentes ao tema da irrigação, que só por si representaria informação para um outro estudo, pois implica cálculos muito específicos tais como a frequência de irrigação. Este por sua vez depende do clima e solo da região, da época do ano, das necessidades das mais variadas espécies utilizadas e da sua densidade no terreno. Outra das partes que um estudo de irrigação implicaria são as formas e equipamentos de poupança, que se apresentam como variadíssimos, desde rega gota-a-gota, escolha de espécies com baixas necessidades de água, utilização de sistemas de detecção de humidade ou o reaproveitamento de água.

## 2.3. DEFINIÇÃO DOS CASOS DE ESTUDO POR TIPO E ZONA

Como casos de estudo foi decidido abordar dois edifícios que representassem duas classes distintas, uma habitação familiar e um edifício de escritórios, sendo que a partir destes exemplos fica-se com uma base sólida para extrapolar estes casos para outros do mesmo tipo.

### *A) Habitação familiar*

A habitação familiar pertence ao Professor Doutor Mário Jorge Valente Neves. Nela residem 4 pessoas que fazem uso dos equipamentos que estão presentes nas seguintes quantidades (Tabela 2.1).

**Tabela 2.1- Equipamentos da habitação familiar**

<b>Equipamentos</b>	<b>Número</b>
Torneiras de lavatório	5
Torneiras de cozinha	2
Chuveiros	3
Sanitas	3
Máquina de lavar louça	1
Máquina de lavar roupa	1

Esta habitação possui 4 pisos e uma cobertura de telha que abrange cerca de 117 m<sup>2</sup>.

### *B) Edifício de escritórios*

O edifício de escritórios localiza-se na Maia. É composto pelas casas de banho da torre de escritórios, que servem os seus ocupantes e que incluem urinóis, sanitas e lavatórios e por balneários que servem os trabalhadores dos armazéns, e que incluem lavatórios, urinóis, sanitas e chuveiros (Tabela 2.2).

**Tabela 2.2- Equipamentos do edifício de escritórios**

Secções	Sanitas	Urinóis	Torneiras	Chuveiros
Serviço	83	37	90	-
Cozinhas	-	-	4	-
Balneário	17	12	37	37
Cantina	-	-	7	-
Enfermaria	1	-	3	-
Total	101	49	141	37

O edifício é composto por 8 pisos, 2 em profundidade e 6 em altura, sendo toda a água do edifício bombada a partir do piso -2. É composto por uma cobertura de lajetas de betão de 2090 m<sup>2</sup>.

Apesar da habitação e do edifício de escritórios estarem localizados no Porto e Maia, respectivamente, decidiu-se fazer o estudo dos dois no Porto e em Faro. Tal escolha deve-se à necessidade de fazer também o estudo do aproveitamento de águas pluviais, que deve ser feito para locais com distribuição e quantidade de precipitação bastante diferentes, o que não aconteceria nos casos da Maia e do Porto.

Para além disso, as reservas de água utilizada para abastecimento potável no Algarve têm sofrido imensas pressões devido ao turismo intensivo e às secas sucessivas, o que acaba por se manifestar na necessidade ainda maior de poupar.

## 2.4. CONSUMOS BASE DE ACORDO COM OS CASOS DE ESTUDO

Os consumos base são os consumos típicos dos equipamentos que não possuem sistemas de poupança. Estes são usados para posterior comparação com as opções em que se utilizam sistemas de poupança. No fundo representam a situação de não aplicação das medidas que vão ser estudadas.

Para definir os consumos diários em cada um dos equipamentos para os dois casos de estudo é necessário identificar os consumos de cada equipamento e a frequência ou perfil de utilização.

### 2.4.1. *Definição dos Consumos Base por Equipamento*

Neste trabalho são abordados os consumos base ou típicos que os sistemas LEED e BREEAM referenciam, para efeitos de cumprimento dos créditos e que caracterizam o caso base.

Estes consumos estão disponíveis nas Tabelas 2.3 e Tabela 2.4, respectivamente.

Tanto o LEED como o BREEAM não definem consumos típicos para máquinas de lavar louça e roupa, equipamentos que são tidos em conta para a habitação familiar. No entanto, não deixou de se fazer uma pesquisa sobre este tipo de equipamentos no mercado.

**Tabela 2.3- Consumos de referência dados pelo LEED (5,5 Bar)**

	Consumos	
	L	L/min
Autoclismo	6,06	-
Urinol	3,79	-
Chuveiro	-	9,46
Torneira de lavatório	-	9,46
Torneira de cozinha	-	9,46

**Tabela 2.4- Consumos de referência dados pelo BREEAM (3 Bar)**

	Consumos	
	L	L/min
Autoclismo	6	-
Urinol	1,5	-
Chuveiro	-	14
Torneira de lavatório	-	12
Torneira de cozinha	-	12

Existe uma diferença acentuada entre os consumos dos urinóis que se pode justificar no modo como se atingem os créditos de cada um dos sistemas.

Também no caso do BREEAM os consumos de referência para chuveiros e torneiras são bastante superiores aos consumos dados pela referência do LEED. Se fossem dados à mesma pressão de 5,5 Bar as diferenças seriam ainda maiores. Estas disparidades poderão ser justificadas pelos objectivos para cada crédito pois o LEED preocupa-se com as reduções conseguidas, havendo portanto interesse em tornar essa redução o mais exigente possível, enquanto que o BREEAM apenas impõe limites, sendo por isso bastante menos exigente.

#### **2.4.2. Equipamentos Tipo**

Depois de uma alargada pesquisa foi possível identificar e resumir os equipamentos que mais se assemelham aos consumos anteriormente definidos, estando disponíveis com respectivos preços e consumos nas Tabela 2.5 e Tabela 2.6, para a habitação familiar e edifício de escritórios, respectivamente.

## Redução do Consumo de Água

Devido à grande quantidade de equipamentos com os mais variáveis preços decidiu-se resumir fazendo uma média dos mais comuns de forma a caracterizar o equipamento tipo. Assim a totalidade dos equipamentos e marcas analisadas é remetida para o ANEXO A.

**Tabela 2.5- Consumos e preços dos equipamentos tipo para a habitação familiar**

Equipamento	Descrição	L	L/min (3Bar)	Preço /Un	Nº	Preço total
Autoclismo	Interior	6	-	119,4 €	3	358,1€
	Exterior plástico	6	-	56,9 €		170,6 €
	Exterior cerâmico	6	-	18,2 €		54,5 €
Torneira de lavatório	Monocomando	-	12	40,7 €	5	203,5 €
Torneira de cozinha	Monocomando	-	12	48,6 €	2	97,2 €
Chuveiro	Clássico	-	14	29,8 €	3	89,4 €
Máquina	Loiça	14,5	-	836,4 €	1	836,4 €
Máquina	Roupa	51,5	-	497,0 €	1	497 €
Total						2.306,7 €

**Tabela 2.6- Consumos e preços dos equipamentos tipo para o edifício de escritórios**

Equipamento	Descrição	L	L/min (3 Bar)	Preço /Un	Nº	Preço total
Autoclismo	Exterior plástico	6	-	56,7 €	14	964,2 €
	Exterior cerâmico	6	-	18,2 €	84	1.524,6 €
Urinol	Exterior pneumático	2	-	108,1 €	49	5.335,1 €
Torneira de lavatório	Monocomando	-	12	40,0 €	141	5.640,0 €
Chuveiro	Clássico	-	14	29,8 €	37	1.103,6 €
Total						14.073 €

No que respeita à estimativa do preço do autoclismo exterior plástico considerou-se a peça completa pois o sistema de descarga não se apresenta muitas das vezes compatível com outros autoclismos.

O preço médio do autoclismo exterior cerâmico diz respeito apenas ao sistema de descarga, uma vez que neste caso é possível adaptar o sistema à maioria dos autoclismos cerâmicos.

Os consumos dos autoclismos tipo podem ser ajustados manualmente para valores de 6 a 9 L, assim considerou-se o consumo de 6 L, pois está ao alcance de todos os utilizadores.

No que respeita aos urinóis tentou-se, sem sucesso, encontrar um equipamento que gastasse 3,79 L ou mais, para estar dentro do consumo base definido pelo LEED. Assim, o equipamento mais próximo deste valor foi um fluxómetro para urinol que pode ser regulado para uma descarga de 2 a 4 L, que se definiu como equipamento base.

Uma vez que os caudais da grande maioria dos equipamentos de fluxo contínuo (torneiras e chuveiros) disponíveis no mercado são fornecidos para pressões de 3 Bar, e para facilitar a pesquisa, decidiu-se pesquisar equipamentos que consumissem no mínimo os valores de referência dados pelo BREEAM,

sendo que se não cumprissem com este sistema não cumpririam certamente os requisitos do LEED (para uma pressão de 5,5 Bar), podendo então ser considerados equipamentos que não poupam.

### 2.4.3. Definição dos Perfis de Utilização

Pode definir-se como perfis de utilização o número de vezes que cada indivíduo usa determinado equipamento e a duração da sua utilização.

Como facilmente se pode concluir, os perfis de utilização diferem para cada caso de estudo, sendo a estimativa destes, em alguns casos, bastante imprecisa, pois cada indivíduo tem hábitos e necessidades fisiológicas diferentes assim como pode passar mais ou menos tempo em casa e no trabalho. Para além disso, os perfis podem variar um pouco conforme a zona do país, mais seca ou húmida, por exemplo.

Porém, os estudos efectuados por Neves [2003] mencionados em Bertolo [2006] para os autoclismos e máquinas de lavar, e as referências LEED, para os restantes, permitiram um suporte mais fidedigno.

Complementarmente foi realizado um estudo com a participação de 4 voluntários que se disponibilizaram a anotar as vezes que utilizaram a sanita para defecção e micção, por dia, em casa e no trabalho, durante o mês de Março de 2009, cujos resultados se encontram resumidos na Tabela 2.7.

**Tabela 2.7- Média das utilizações diárias por indivíduo**

	Casa		Trabalho	
	Sanita	Urinol	Sanita	Urinol
Participante 1	0,68	2,21	0,16	2,05
Participante 2	0,71	4,00	0,64	3,64
Participante 3	1,00	3,00	0,75	2,67
Participante 4	2,44	4,00	-	-
Média	1,21	3,30	0,52	2,79
Total	4,51		3,30	

O participante 4 é uma pessoa aposentada que passa a maior parte do tempo em casa.

#### A) Habitação familiar

Para a habitação familiar (Tabela 2.8), utilizou-se como referência o estudo mencionado por Bertolo [2006] até porque o sistema usado (LEED-NC) apresenta apenas os perfis de utilização no trabalho.

**Tabela 2.8- Perfis de utilização diários para uma habitação doméstica**

Equipamentos	Usos/dia/hab	Duração (s)
Autoclismo	5,625	-
Chuveiro	1	300
Torneira de lavatório	3	15
Torneira de cozinha	1	15
Máquina de lavar roupa	0,175	-
Máquina de lavar louça	0,225	-

Para estimativa da utilização dos autoclismos considerou-se que 25% das pessoas estão a maior parte do tempo em casa (idosos, trabalhadores domésticos, crianças pequenas) e que utilizam 1,5 vezes a sanita após defecção e 6 vezes após micção. Os restantes 75% utilizam 1 vez a sanita após defecção e 4 vezes por dia após micção.

Assim sendo, a utilização diária por pessoa resulta da média ponderada e é dada pela seguinte expressão:

$$\text{Usos/dia/pessoa/autoclismo} = 0,25 * (1,5 + 6) + 0,75 * (1 + 4) = 5,625$$

Outro valor que pode suscitar dúvidas é o reduzido tempo de utilização do lavatório de cozinha (15 s). Este valor é reduzido pelo facto de se levar em conta a existência de máquina de lavar louça, que lhe acaba por retirar muito do uso previsto.

Considerando que o estudo complementar da utilização de autoclismos na Tabela 2.7 se baseou numa população idêntica (uma pessoa que esta a maior parte do tempo em casa e 3 que trabalham fora) verifica-se que o valor obtido (4,51 utilizações/dia/pessoa) é ligeiramente inferior ao perfil considerado por Bertolo [2006]. No entanto, deve-se ter em conta que o primeiro estudo foi realizado para uma população muito pequena, procurando apenas dar uma ideia do perfil comum.

### *B) Edifício de escritórios*

Uma vez que apenas o LEED estabelece perfis de utilização de referência para o mundo laboral, decidiu-se utiliza-los para o caso da torre de escritórios (Tabela 2.9).

Estes perfis foram estimados para 8 horas de trabalho. Deve-se referir também que no caso da equipa de projecto demonstrar que os perfis de utilização para o edifício em estudo se desviam dos propostos pelo sistema, então poderão ser considerados os que a equipa demonstrar serem os mais consistentes.

**Tabela 2.9- Perfis de utilização para a torre de escritórios**

Equipamentos	Usos/dia em FTE		Duração (s)
	Homem	Mulher	
Autoclismo	1	3	-
Urinol	2	0	-
Chuveiro	0,1		300
Lavatório	3		15

No caso do balneário utilizado pelos trabalhadores dos armazéns os perfis de utilização puderam ser previstos uma vez que se espera que uma percentagem de 50% das pessoas o frequente uma vez por dia com o intuito de tomarem um banho e utilizarem os restantes equipamentos. No entanto, a totalidade das pessoas irá usar os lavatórios exteriores antes de ir almoçar. A Tabela 2.10 indica a previsão.

**Tabela 2.10- Perfis de utilização para o balneário**

Equipamentos	Usos/dia em FTE		Duração (s)
	Homem	Mulher	
Autoclismo	0,1	0,5	-
Urinol	0,4	0	-
Chuveiro	0,5		300
Torneira	1		15

Considera-se que cada homem utiliza a sanita 1/5 das vezes e o urinol as restantes. Como apenas 50% dos homens e das mulheres utilizam as sanitas definiu-se que os homens utilizariam  $0,5 \cdot (1/5) = 0,1$  vezes a sanita por dia e as mulheres  $0,5 \cdot 1 = 0,5$  por dia. Por fim, os urinóis seriam usados  $0,5 \cdot 4/5 = 0,4$  vezes.

#### **2.4.4. Cálculo dos Consumos Base Totais**

Os consumos base tiveram em conta os consumos dos equipamentos e os perfis de utilização anteriormente definidos. Representam portanto os gastos de água por dia, para cada um dos casos de estudo, sendo que a partir destes valores se podem calcular os consumos mensais e anuais esperados.

##### *A) Habitação familiar*

Relativamente ao primeiro caso de estudo, a habitação familiar, e como para este não se considera o objectivo do cumprimento das certificações propostas, optou-se por utilizar apenas os consumos dos equipamentos do mercado. Estes consumos são exactamente iguais aos consumos propostos pelo

## Redução do Consumo de Água

BREEAM, que utiliza uma pressão de referência de 3 Bar, a pressão para a qual os consumos dos equipamentos são disponibilizados na Europa. Os resultados encontram-se compilados na Tabela 2.11.

**Tabela 2.11- Obtenção dos consumos para uma habitação com 4 pessoas**

Equipamentos	Consumos base		Perfis de utilização						
	L	L/min	Usos/dia/hab	Duração (s)	L/hab/dia	L/dia (4 hab)	m <sup>3</sup> /ano (340 dias)	m <sup>3</sup> /mês	Percentagem
Autoclismo	6		5,625		33,8	135	46	3,8	25%
Chuveiro		14	1	300	70,0	280	95	7,9	52%
Torneira de lavatório		12	3	15	9	36	12	1,0	7%
Torneira de cozinha		12	1	15	3,0	12	4	0,3	2%
Máquina de lavar roupa	52		0,175		9,1	36	12	1,0	7%
Máquina de lavar loiça	15		0,225		3,4	14	5	0,4	3%
Outros					6,0	24	8	0,7	4%
Total					134,2	536,9	182,5	15,2	100%

Como anteriormente se tinha referido no ponto 2.4.1 foi também considerada a existência de uma máquina de lavar louça e roupa, equipamentos cujo uso está generalizado na maioria das casas portuguesas. Teve-se também em conta a possibilidade, bastante comum, de haver outros equipamentos para além dos especificados, como por exemplo torneiras para lavagem de pavimentos ou rega de jardim, sendo que para estes usos não será considerada a possibilidade de poupança.

O cálculo dos consumos anuais teve por base um período de 340 dias que é o que é estimado por Bertolo [2006] como sendo o número médio de dias que um indivíduo faz uso da sua habitação, por ano. Em seguida este valor foi dividido por 12 meses para assim se poder fazer a diluição dos consumos, uma vez que os períodos de ausência nem sempre são regulares.

Estima-se um consumo de cerca de 15 m<sup>3</sup> por mês em que o chuveiro ocupa a maior fatia, cerca de 50%, podendo este grande consumo ser justificado pelo elevado caudal considerado e pelo tempo gasto por cada utilização. Note-se ainda que um consumo de 15 m<sup>3</sup> é até bastante baixo, e assenta melhor para um andar, pois no caso de uma moradia, tendo em conta a dimensão e variedade de utilizações, os consumos deveriam ser superiores.

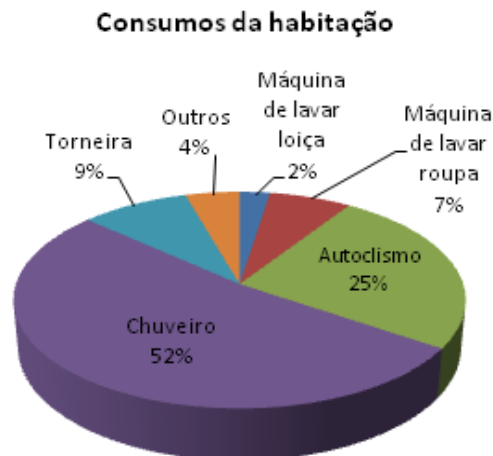
As Figuras 2.4 e 2.5 dizem respeito aos consumos domésticos calculados e aos que o PNUEA referencia para uma melhor comparação.

Deve referir-se que no PNUEA é feita uma estimativa da percentagem do consumo diário médio que cada tipo de equipamento representa. No entanto, o somatório dessas percentagens deu 114%. Assim achou-se por bem fazer a ponderação indicada na Tabela 2.12 de forma a tornar estes valores mais coerentes.

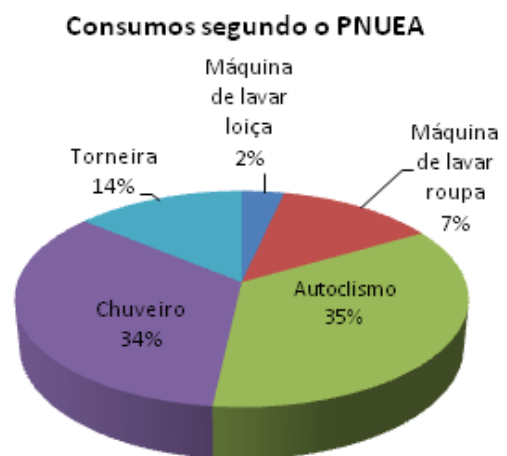


**Tabela 2.12- Ponderação dos valores do PNUEA**

Equipamentos	PNUEA	PNUEA (ponderação)
Máquina loiça	4%	4%
Máquina roupa	15%	13%
Autoclismo	40%	35%
Chuveiro	39%	34%
Torneira	16%	14%
Total	114%	100%



**Figura 2.4- Consumos para a habitação**



**Figura 2.5- Consumos segundo o PNUEA**

Uma vez que os outros consumos se podem incluir nas torneiras fica-se com uma percentagem muito semelhante à do PNUEA.

Existe uma pequena diferença entre os consumos nos chuveiros, possivelmente porque o PNUEA considera o caudal mínimo de 9 L/min para os chuveiros definido pelo Artigo 40º do Regulamento *Geral dos Sistema Públicos e Prediais de Distribuição de Água e Águas Residuais (RGAAR)* [4], o que no entanto não se verifica pois a maioria dos chuveiros tende a gastar mais. E se a parcela referente aos consumos nos chuveiros for maior, torna as restantes mais pequenas, daí a diferença registada para estes últimos.

Para além disso, não se pode dizer que um estudo deste tipo é sempre preciso, pois os consumos tendem a variar para cada tipo de casa.

### *B) Edifício de Escritórios*

Como já foi referido o edifício de escritórios possui dois perfis de utilização diferentes, os da torre e do balneário no seu interior, assim se obtiveram diferentes consumos, que depois de somados permitiram estimar os consumos totais no edifício.

## Redução do Consumo de Água

Estes consumos foram calculados para o LEED e para o BREEAM, pois os consumos base dos equipamentos definidos por cada um também são diferentes.

Na Tabela 2.13 estão resumidos os consumos base assim como os perfis de utilização utilizados para cálculo dos consumos.

**Tabela 2.13- Consumos e perfis de utilização para o edifício de escritórios**

Equipamentos	Consumos base LEED				Perfis de utilização (torre)			Perfis de utilização (balneário)		
	Consumos base LEED		Consumos base BREEAM		Usos/dia em FTE		Duração (s)	Usos/dia em FTE		Duração (s)
	L	L/min	L	L/min	Homem	Mulher		Homem	Mulher	
Autoclismo	6,06	-	6	-	1	3	-	0,1	0,5	-
Urinol	3,79	-	1,5	-	2	0	-	0,4	0	-
Chuveiro	-	9,46	-	14	0,1	-	300	0,5		300
Torneira	-	9,46	-	12	3	-	15	1		15

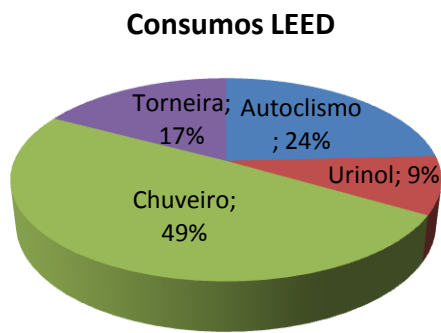
Com os valores anteriores foi possível chegar aos seguintes consumos base, Tabela 2.14, tendo-se sempre em conta uma população mista de 650 funcionários para o edifício de escritórios e outra de 500 homens e 100 mulheres que utilizam balneários, sendo que apenas 50% (homens e mulheres) utilizam estes últimos.

**Tabela 2.14- Consumos totais para o edifício de escritórios**

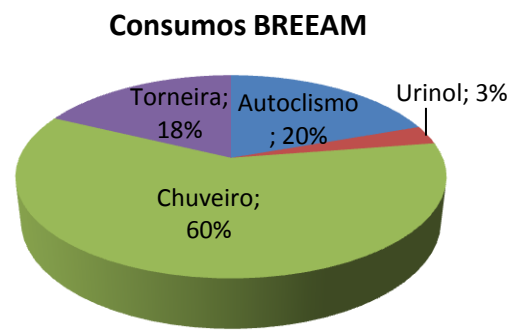
Equipamentos	Consumos LEED				Consumos BREEAM			
	L/dia	m³/ano	m³/mês	Percentagem	L/dia	m³/ano	m³/mês	Percentagem
Autoclismo	8479	2205	184	24%	8400	2184	182	20%
Urinol	3218	837	70	9%	1275	332	28	3%
Chuveiro	17271	4490	374	49%	25550	6643	554	60%
Torneira	6033	1569	131	17%	7650	1989	166	18%
Total	35001	9100	758	100%	42875	11148	929	100%

Os consumos anuais foram calculados para 260 dias de trabalho, este valor é fornecido pelo LEED e considera o número de dias médio para um ano excluindo os fins-de-semana.

A Figura 2.6 e 2.7 resumem os consumos base no edifício de escritórios de acordo com os sistema LEED e BREEAM.



**Figura 2.6- Consumos para o edifício de escritórios (LEED)**



**Figura 2.7- Consumos para o edifício de escritórios (BREEAM)**

Como se pode verificar os equipamentos que mais se distinguem do LEED para o BREEAM são o urinol e o chuveiro, cujas razões foram mencionadas no ponto 2.4.1.

## 2.5. DEFINIÇÃO DA TARIFA, ENERGIA E CUSTOS BASE

Uma das formas de fazer vingar as preocupações ambientais é compatibilizá-las com a economia. Assim, é essencial que se faça um estudo sobre as vantagens económicas do investimento em equipamentos que poupem água tendo para isso de se calcular os custos do fornecimento da água, ou seja, a tarifa. Para além desta variável foi também considerado o custo da energia para aquecimento da água do chuveiro.

### 2.5.1. *Tarifa de consumo de água*

A tarifa varia conforme o município onde é aplicada, resultando muitas vezes da melhor ou pior gestão da água, da sua disponibilidade ou da capacidade económica do município. A maior parte das tarifas volumétricas (que incidem sobre o consumo de água) incluem a tarifa de consumo de água, de saneamento e de resíduos sólidos numa só. Facilmente se pode deduzir que um maior consumo de água resultará em maior produção de águas residuais, considerando que não existem fugas dentro do edifício. No entanto, incluir a taxa de resíduos sólidos no consumo de água deve-se ao facto de a contabilização da produção de resíduos ser bastante difícil de estimar sendo esta uma forma de associar o consumo de água, que normalmente aumenta com o número de habitantes, à produção de resíduos.

## Redução do Consumo de Água

Como se decidiu considerar os dois casos de estudo, Porto e Faro, tiveram de se calcular as respectivas tarifas, sendo que para isso foi consultado o tarifário para o ano 2009 disponibilizado pela Águas do Porto EM [2] e a Faro, Gestão de Águas e Resíduos (FAGAR EM) [5], empresas encarregues da cobrança aos municípios.

Para a habitação familiar e para o edifício de escritórios definiram-se as tarifas indicadas na Tabela 2.15. Apesar dos consumos mensais para o caso do edifício de escritórios variarem conforme o sistema usado, LEED ou BREEAM, estes encontram-se dentro do mesmo escalão e por isso é aplicada a mesma tarifa.

**Tabela 2.15- Tarifas por zona e para cada caso de estudo**

	<i>Habitação familiar</i>		<i>Edifício de escritórios</i>	
	<b>Porto [16-20] m³/mês</b>	<b>Faro [11-20] m³/mês</b>	<b>Porto &gt; 200m³/mês</b>	<b>Faro &gt; 50m³/mês</b>
IVA	0,05	0,05	0,05	0,05
Abastecimento (€/m³)	1,74	1,13	2,28	2,30
Saneamento (€/m³)	0,68	0,57	0,75	0,73
Resíduos (€/m³)	0,27	0	0,27	0,98
Total (€/m³)	2,82	1,78	3,47	4,21

Como se pode verificar a tarifa final é mais elevada no caso do edifício de escritórios, pois os consumos são muito maiores, situando-se como tal no escalão máximo.

Curiosamente, e apesar da maior necessidade de poupança no Algarve pelos motivos mencionados em 2.3, a tarifa final de Faro é inferior à tarifa final do Porto, para a habitação familiar. Isso deve-se ao facto dos resíduos não serem anexados ao consumo de água mas sim sujeitos a uma taxa fixa de 7,22€/mês, para garantir que quem tem uma casa de férias contribui mensalmente para os sistemas de gestão de resíduos e não sazonalmente.

Posto isto, apesar da salvaguarda dos resíduos, o incentivo fiscal à poupança de água nas habitações é assim marginalizado, neste sentido devem-se repensar as actuais taxas de saneamento e abastecimento.

### **2.5.2. Tarifa de Energia**

Para tornar este estudo o mais realista possível decidiu-se considerar outro parâmetro que pode influenciar o preço final do consumo de água, que são os gastos de energia para aquecimento das águas de duche.

Assim, para o caso da habitação familiar inclui-se um dispositivo do tipo esquentador a gás natural, o combustível mais barato.

Para o edifício de escritórios, a água quente é adquirida a uma central de cogeração a cerca de 60°C e misturada com água fria da rede, a cerca de 15°C. Em ambos os casos de estudo considerou-se uma temperatura ótima para a água do banho de 38°C. Calcularam-se então as necessidades energéticas totais para aquecer a água até esta temperatura pela seguinte equação:

$$Energia = \frac{m * Cp * \Delta T}{3600} * \frac{1}{\eta} \quad (2.1)$$

Sendo:

Energia (kWh) = Energia consumida;

m (kg) = Massa de água;

Cp (kJ) = Capacidade calorífica da água;

$\Delta T$  (K) =  $T_{final} - T_{inicial}$  = Variação da temperatura;

$\eta$  = Eficiência do equipamento de queima.

A massa de água é calculada tendo em conta que a massa volúmica da água é de aproximadamente  $\rho = 998 \text{ kg/m}^3$ .

#### A) Habitação familiar

O equipamento de produção de água quente, neste caso um esquentador doméstico, tem uma eficiência que deve ser tida em conta, assim considera-se o valor de eficiência nominal dos equipamentos, 0,87, segundo o ponto 2b) do Artigo 18º do DL nº80 de 4 de Abril de 2006 [6].

Tendo em conta que os consumos de gás natural se encontram no 1º escalão do tarifário Portuense e de Faro, por consulta da Duriensegás e Medigás [7], respectivamente, foi possível definir uma expressão que permitisse calcular os custos de aquecimento em função da quantidade de água consumida pelo chuveiro por mês.

$$Custos / mês(€) = 1,05 * \left[ 2,55 + 0,063750 * \left( \frac{\rho * V * Cp * \Delta T}{3600} * \frac{1}{\eta} \right) \right] \quad \text{Porto} \quad (2.2)$$

## Redução do Consumo de Água

$$Custos / m\acute{e}s(€) = 1,05 * \left[ 2,55 + 0,064043 * \left( \frac{\rho * V * C_p * \Delta T}{3600} * \frac{1}{\eta} \right) \right] \quad \text{Faro} \quad (2.3)$$

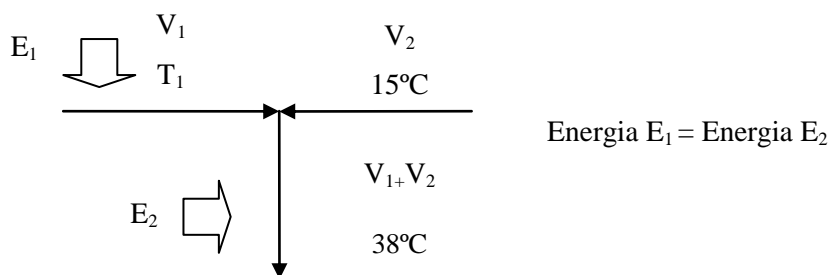
Em que:

$$\Delta T = 38 - 15 = 23^{\circ}\text{C}$$

$$C_p (\text{água}) = 4,184 \text{ kJ}$$

O coeficiente 1,05 corresponde ao acréscimo de IVA sobre o tarifário, o valor 2,55 é o termo de tarifário fixo em €/mês e os valores 0,063750 e 0,064043 são os termos de tarifário variável em €/kWh.

Note-se que a água é aquecida a uma temperatura superior a 38°C, regulada no esquentador, e depois misturada com água fria. No entanto, pela lei da conservação da energia, a quantidade de energia usada para aquecer um volume de água V1 até uma temperatura T1 é a mesma para aquecer um volume de água V1+V2 até à temperatura de 38°C.



Dividindo os custos mensais pelos consumos mensais obtém-se uma relação bastante mais simplista e que permite saber directamente o custo por  $\text{m}^3$  de água aquecida, sendo de 2,40€/m<sup>3</sup> para o Porto e 2,41€/m<sup>3</sup> para Faro.

### B) Edifício de escritórios

O custo da energia sob a forma de água quente comprada à central de cogeração tem o valor de 45€/MWh. Assim, deve-se calcular a energia necessária para aquecer o volume de água consumido nos chuveiros até 38°C, tendo por base novamente a lei da conservação da energia.

Neste caso não foi considerada a eficiência do equipamento de queima pois o preço final a que se compra a água já deverá ter em conta esse factor.

Os custos mensais podem então ser calculados pela seguinte expressão, independentemente do local de estudo:

$$Custos / mês(€) = \left( \frac{\rho * V * Cp * \Delta T}{3600} \right) * 0,001 * 45 \quad (2.4)$$

Da mesma forma que para a habitação familiar, dividindo os custos mensais pelos consumos mensais obtém-se o custo do m<sup>3</sup> de água aquecido que neste caso é de 1,204€/m<sup>3</sup>.

Note-se que este custo é bastante inferior ao custo do m<sup>3</sup> para a habitação familiar, o que já seria de esperar pois os consumos de energia para um edifício de escritórios são muito grandes é necessário achar a forma mais barata de energia.

### 2.5.3. Custos Base

Considerando o custo por m<sup>3</sup> de água e o custo de aquecimento por m<sup>3</sup> anteriormente obtidos foi possível calcular os custos dos consumos base para o Porto e Faro tendo por referência os sistemas, para o caso do edifício de escritórios, e os custos para a habitação familiar. Estes valores e os que os precederam estão disponíveis nas Tabelas 2.16 a 2.18.

**Tabela 2.16- Custos base para habitação doméstica**

	Consumos (m <sup>3</sup> /mês)		Tarifas (€/m <sup>3</sup> )		Custo por tipologia (€/mês)		Custo final	
	Totais	Chuveiros	Água	Aquecimento	Água	Aquecimento	€/mês	€/ano
Porto	15,2	7,9	2,82	2,396	43	19	62 €	742 €
Faro	15,2	7,9	1,78	2,405	27	19	46 €	555 €

**Tabela 2.17- Custos base para edifício de escritórios (LEED)**

	Consumos (m <sup>3</sup> /mês)		Tarifas (€/m <sup>3</sup> )		Custo por tipologia (€/mês)		Custo final	
	Totais	Chuveiros	Água	Aquecimento	Água	Aquecimento	€/mês	€/ano
Porto	758	374	3,47	1,204	2628	450	3.078 €	36.938 €
Faro	758	374	4,21	1,204	3191	450	3.641 €	43.695 €

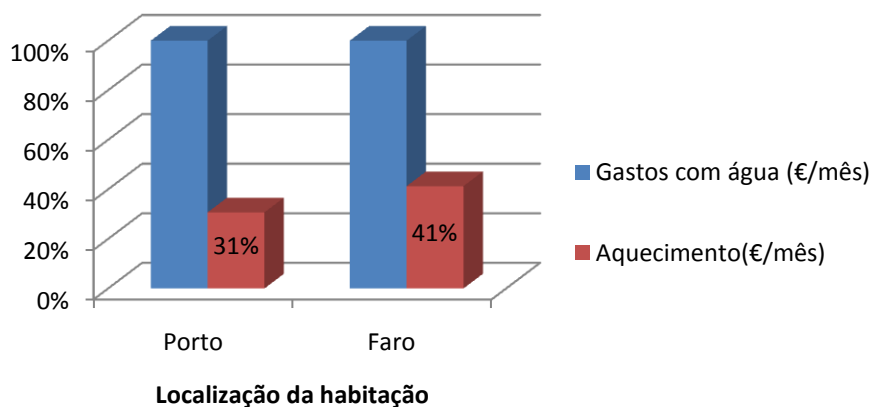
**Tabela 2.18- Custos base para edifício de escritórios (BEEAM)**

	Consumos (m <sup>3</sup> /mês)		Tarifas (€/m <sup>3</sup> )		Custo por tipologia (€/mês)		Custo final	
	Totais	Chuveiros	Água	Aquecimento	Água	Aquecimento	€/mês	€/ano
Porto	929	554	3,47	1,204	3219	666	3.885 €	46.623 €
Faro	929	554	4,21	1,204	3909	666	4.575 €	54.900 €

## Redução do Consumo de Água

Devido às diferenças de tarifário para a habitação doméstica já descritas no ponto 2.5.1 verificou-se uma diferença substancial nos consumos anuais no Porto e Faro.

Fica mais uma vez evidente que os gastos com o aquecimento de água devem ser sempre tidos em conta pois representam, nos dois casos, uma fatia substancial dos gastos mensais com água, como se poderá verificar pela Figura 2.6.



**Figura 2.8- Gastos com o aquecimento para a habitação doméstica**

Os custos são significativos tanto para a habitação familiar como para o edifício de escritórios, sendo neste último quase proibitivos, o que deve ser um estímulo para a necessidade de se tomarem medidas que permitam uma eventual poupança.

Deve-se referir no entanto que nem todos os edifícios de escritórios têm consumos base tão elevados sendo que neste caso se devem à existência do balneário, o que aumenta consideravelmente os consumos de água e energia para duches.

## 2.6. DEFINIÇÃO E ESTUDO DOS EQUIPAMENTOS PASSÍVEIS DE POUPANÇA

Esta etapa demonstrou ser uma das mais demoradas proporcionando maiores desafios porque a variedade de equipamentos de cada tipo é imensa, existindo diversos sistemas que permitem uma poupança, dos quais nem sempre as marcas disponibilizam dados sobre os consumos. Outra das dificuldades foi encontrar os consumos de torneiras e chuveiros para 5,5 Bar, o que foi necessário para efeitos de aplicação do sistema LEED. Mesmo os departamentos técnicos das diversas marcas estudadas tiveram alguma dificuldade em fornecer esses dados, sendo que em alguns casos foi necessário fazer contactos com a empresa matriz.



Assim, torna-se necessário facilitar o acesso a estes dados, sob pena de quem se preocupa em poupar água, fique sem saber qual o melhor equipamento para adquirir. É nesse sentido surge a Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais (ANQIP) com a certificação e rotulagem da eficiência hídrica de produtos, que embora voluntária, permitirá a muitas marcas uma distinção de eficiência, e ainda dará uma ajuda ao consumidor para a escolha do produto. Até Setembro do presente ano, e segundo o jornal água&ambiente [2009] a rotulagem deverá estar disponível para autoclismos, duches, torneiras e fluxómetros, bem como para máquinas de lavar.

Para esta pesquisa procurou-se escolher equipamentos de poupança da mesma marca que os equipamentos definidos anteriormente por tipo para assim se ficar com uma ideia mais abrangente sobre o custo de investir na eficiência, pois outras marcas poderiam ser tendencialmente mais caras ou baratas. No entanto, nem sempre foi possível pois algumas não dispõem de versões eficientes ou que só têm versões eficientes.

Nas Tabelas 2.19 e 2.20 estão disponíveis os diversos equipamentos escolhidos bem como os seus consumos e preços, para a habitação familiar e edifício de escritórios, respectivamente. A pesquisa completa é remetida para o ANEXO A.

**Tabela 2.19- Equipamentos de poupança para a habitação familiar**

<i>C/Poupança</i>					<i>S/Poupança</i>				
Equipamento	Descrição	L/min (3 Bar)	L	€/Un	L/min (3 Bar)	L	€/Un	Nº	Investimento
Autoclismo	Interior	-	3/6	121,5	-	6	119,4	3	6,4€
	Exterior plástico	-	3/6	77,2	-	6	56,9		61,0€
	Exterior cerâmico	-	3/6	18,9	-	6	18,2		2,3€
Torneira de lavatório	Monocomando+Ecodisk	6	-	89,3	12	-	40,7	5	243,0€
	C/ponteira perlizadora	4,8	-	51,9	12	-			56,3€
Torneira de cozinha	C/ponteira perlizadora	4,8	-	59,9	12	-	48,6	2	22,5€
	Monocomando+Ecodisk	6	-	151	12	-		2	204,8€
Chuveiro	Regulador de caudal	8	-	50	14	-	29,8	3	60,6€
	Regulável	6	-	18,1	14	-			0
Máquina	Louça	-	10	984,5	14,5	-	836,4	1	148,1€
Máquina	Roupa	-	45	610,9	51,5	-	497,0	1	113,9€

**Tabela 2.20- Equipamentos de poupança para o edifício de escritórios**

<i>C/Poupança</i>						<i>S/Poupança</i>					
			<i>LEED (5,5Bar)</i>			<i>BREEAM (3Bar)</i>					
Equipamento	Descrição	€/Un	L/min	L	L/min	L	L	L/min	€/Un	Nº	Investimento
Autoclismo	Exterior plástico	77,2	-	3/6	-	3/6	6	-	56,7	17	348€
	Exterior cerâmico	18,9	-	3/6		3/6	6	-	18,2	84	63€
Urinol	Pneumático temporizado	319,2	0,33	0,99	0,24	0,72	2	-	108,9	49	10.306€
	Sem água	529	-	0	-	0					20.586€
Torneira de lavatório	Ponteira perlizadora	51,3	6,63	-	4,8	-	-	12	40	141	1.586€
	Pneumática	185,9	6	-	6	-					20.570€
	Monocomando + Ecodisk	89,3	8,5	-	6	-					6.951€
Chuveiro	Fixo	163	9,46	-	6,9	-	-	14	29,8	37	4.928€
	Chuveiro de mão	50	8	-	8	-					747€

Como se pode verificar, o investimento para adquirir um equipamento eficiente em detrimento de um considerado comum é bastante variado, sendo tendencialmente maior para o caso das torneiras, máquinas de lavar e urinóis.

Nos pontos seguintes far-se-á uma descrição mais pormenorizada de cada um dos equipamentos considerados.

### **2.6.1. Autoclismos**

Existem já sistemas que substituem o comum autoclismo de funcionamento a água, são eles, os sistemas por vácuo com posterior tratamento. No entanto, esses sistemas não foram considerados por terem uma representação quase insignificante no mercado e por envolverem modificações no sistema predial.

Já no caso dos autoclismos, a adopção de modelos de descarga máxima inferior a 5 L, apesar de meritória, tem-se revelado, segundo a (ANQIP), como um factor de problemas ao nível do arrastamento de sólidos nas redes exigindo-se, para a sua adopção, uma alteração aos critérios habituais de dimensionamento, como por exemplo o aumento da inclinação mínima de 0,3% para os colectores, como consta na alínea f) do Artigo 133º do Decreto Regulamentar “Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais” (RGAAR) nº 23/95 de 23 de Agosto [4]. Por outro lado é necessário verificar se o volume de descarga é compatível com as características da bacia de retrete, assegurando as condições de descarga.

Para efeitos de contabilização do investimento não se consideraram bacias de retrete, bancas, bidés ou banheiras, pois essas são peças secundárias e não têm implicações na poupança.

#### **A) Habitação familiar**

Para este caso levaram-se em conta as três principais classes de autoclismo, os interiores, exteriores de plástico e exteriores de cerâmica.

No que respeita ao autoclismo interior escolheu-se o GeberitUP320 [8], que permite uma descarga com um volume mínimo de 3 a 4 L e uma descarga máxima de 6 a 7,5 L, podendo ser reguláveis. Este sistema é compatível com placas de comando de descarga única ou dupla, tendo-se escolhido agora uma dupla, o que se veio a reflectir num ligeiro acréscimo do preço. Passou-se então de uma placa modelo Rumba de descarga única para uma Samba de dupla descarga Figura 2.9 conseguindo-se descargas de 3 e 6 L.



**Figura 2.9- Autoclismo interior Geberit UP320 e placas de comando de descarga Rumba e Samba**

Uma classe mais em conta no preço e fácil de instalar é o exterior plástico. Para esta classe consideram-se três modelos das marcas anteriormente escolhidas, Grohe [10], OLI [9] e Geberit [8] mas com sistema duplo de descarga. Assim foi possível fazer uma média dos preços de cada modelo chegando-se a um investimento único.

Este tipo de equipamento tem o inconveniente de nem sempre possibilitar a mudança para um sistema de descarga *dual* por motivos técnicos, assim considerou-se o autoclismo inteiro, tal como no sistema anterior. A Figura 2.10 representa um dos equipamentos estudados.



**Figura 2.10- Autoclismo Havana da marca OLI [9]**

Um outro autoclismo que é muito comum nas casas portuguesas e em cafés é o exterior cerâmico. O que muda, em eficiência, de um autoclismo para outro é o sistema de descarga, sendo este bastante adaptável a vários tipos. Por isso mesmo, apenas se considerou o custo de aquisição de um sistema dual, face a um simples (Figura 2.11).



**Figura 2.11- Válvula de dupla descarga Geberit Impuls280**

### B) Edifício de escritórios

Para este caso de estudo apenas se consideraram o autoclismo exterior de plástico e cerâmico, pois estas classes já tinham sido escolhidas pelo projectista. Os equipamentos escolhidos e respectivas marcas foram os mesmos que para a habitação familiar, pois são adaptáveis a qualquer tipo de edifício.

#### **2.6.2. Torneiras**

No que respeita a este equipamento foi consultada uma grande variedade de marcas, no entanto só foram escolhidas as duas marcas que apresentaram maior poupança e comprovativo da mesma, através de registos de testes realizados com os equipamentos.

##### A) Habitação familiar

Os dois modelos escolhidos foram uma torneira monocomando série Monojet N da Roca [11] e uma ponteira perlizadora da RST, distribuída pela Ecomeios [12].

O primeiro, apresentado na figura Figura 2.12, incorpora o sistema EcoDisk, que impede, mediante regulação pelo utilizador, a abertura máxima da torneira, o que corresponde a uma redução 50%, passando de 12 L/min a 3 Bar, para 6 L/min.



**Figura 2.12- Série Monojet N e sistema Ecodisk**

O segundo equipamento escolhido é uma ponteira perlizadora (Figura 2.13), um limitador de caudal adaptável à grande maioria das torneiras do mercado, sendo isso uma enorme vantagem, pois não implica uma mudança de torneira.

Assim, o que se fez foi somar ao custo do equipamento tipo com o preço de uma destas ponteiros, obtendo-se o preço de um equipamento eficiente. Naturalmente que o investimento unitário acabará por ser igual ao preço da ponteira.



**Figura 2.13- Ponteira perlizadora RST**

Este tipo de ponteira foi o que registou melhores resultados, tanto em testes em laboratório feitos pela marca às diversas condições de pressão, como na casa de um utilizador.

Como torneiras de cozinha usou-se a versão com monocomando de lava-loiça da mesma série Monojet N (Figura 2.14), que é ligeiramente mais dispendiosa. Ao mesmo tempo a ponteira perlizadora foi colocada no monocomando de lava loiça considerado para o caso base.



**Figura 2.14- Série Monojet N com bica extensível**

### B) Edifício de escritórios

Para este caso consideraram-se novamente os equipamentos descritos anteriormente e ainda uma torneira sem mistura (com uma só entrada de água) pneumática da Geberit modelo Hytouch 26 (Figura 2.15). Este modelo foi o escolhido em detrimento dos do mesmo tipo uma vez que possui a mesma poupança mas é bastante mais acessível, em termos de preço. Deve-se referir que de acordo com o sistema LEED as durações de utilização dos sistemas temporizadores passam de 15 para 12s, havendo assim uma poupança acrescida de água.



**Figura 2.15-** Torneira pneumática Hytouch 26

#### **2.6.3.     *Urinóis***

Os urinóis considerados foram de dois tipos, um pneumático de accionamento manual da Geberit e um urinol sem água cerâmico Standard da Uridan.

O primeiro foi escolhido pois é igualmente económico ao urinol a Infra-vermelho (IV) mas possui a vantagem de ser mais barato. Em relação ao fluxómetro exterior definido como equipamento tipo este requer mais um acessório que é a estrutura de suporte. O sistema fica assim com a placa de comando de descarga Samba acoplada à estrutura de instalação GIS Universal e um reservatório para urinol da marca Valadares [14]. Estes equipamentos encontram-se na Figura 2.16.

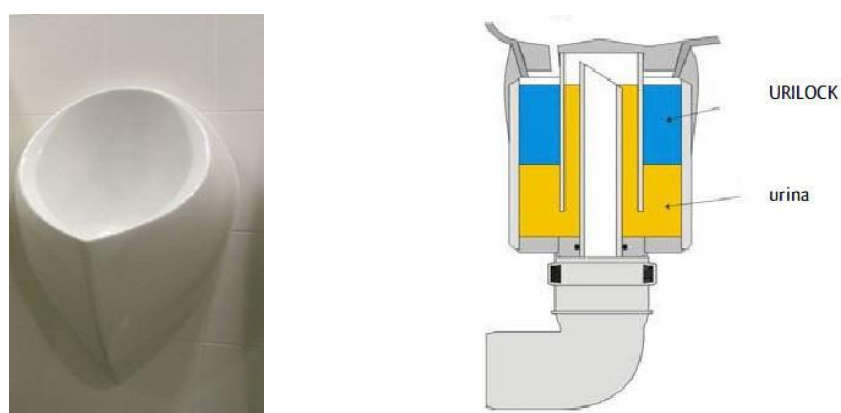


**Figura 2.16-** Placa de comando de descarga Samba, estrutura GIS universal e urinol cerâmico

Estes urinóis podem ser regulados para descargas mínimas de 3s, o que possibilita uma poupança considerável de água.

No que respeita ao urinol que funciona sem o recurso à água, o custo de investimento é bastante superior aos que utilizam água, mas o facto de funcionar sem água só por si implicava que fosse tido em conta.

Este equipamento inovador funciona mediante a utilização de um líquido de bloqueio biodegradável (urilock) colocado no urinol que, sendo menos denso que a urina, se sobrepõe à mesma evitando todos os maus odores. À medida que a urina aumenta acaba por escoar pela canalização do urinol, entrando assim no sistema de saneamento. O aspecto exterior do urinol e o esquema do seu funcionamento estão descritos na Figura 2.17.



**Figura 2.17- Urinol sem água da Uridan e esquema de funcionamento [13]**

Para fazer a análise de investimento deste equipamento, teve de se ter em conta a necessidade de manutenção do líquido urilock, que dá para cerca de 15.000 utilizações e custa 20€, e ainda o líquido de limpeza do urinol (uriclean), que se estimou durar cerca de 15 dias em utilização no edifício de escritórios. Deve também referir-se que cada urinol comprado inclui um recipiente de urilock e outro de uriclean como oferta, o que permite atenuar os custos de manutenção que serão tidos em conta na análise económica.

#### **2.6.4. Chuveiros**

Tal como para o caso dos autoclismos, mas claramente menos gravosa, a colocação de dispositivos de consumo inferior aos 9 L/min definidos como caudal mínimo para efeitos de dimensionamento pode entrar em conflito com o RGAAR [4], embora este último não apresente nenhuma obrigatoriedade de instalação de determinado tipo de equipamentos. No entanto, como não se tratam de reduções muito substanciais e a água contém pouca matéria sólida (ao contrário das águas produzidas nas sanitas), não se prevêem problemas de maior.

## Redução do Consumo de Água

Segundo o PNUEA [15], dever-se-á ter também em atenção a possível redução do desempenho do sistema de aquecimento de água que, ao ser afectado pela redução do caudal de água, pode provocar o não accionamento do dispositivo esquentador com o consequente não aquecimento da água. Assim, o ideal será experimentar o chuveiro em casa se possível antes de o comprar ou verificar se existe a possibilidade de troca, para o caso de haver alguma incompatibilidade.

Os chuveiros encontrados pertencem todos a uma marca isto porque a mesma se especializou neste tipo de equipamentos. As restantes não demonstram grandes preocupações com a poupança nos chuveiros, privilegiando e dando mais ênfase à comodidade que os mesmos proporcionam. Em outros casos havia indicação de que o chuveiro poupava, como é o caso de alguns encontrados nas cadeias de supermercados, mas não é disponibilizada informação sobre os seus consumos.

### A) Habitação familiar

Os dois chuveiros que possibilitaram as maiores reduções foram o modelo Novolence e Novolux, da RST, ambos distribuídos pela empresa Ecomeios [12]. Estes estão representados na Figura 2.18.

Os princípios de funcionamento de cada um são ligeiramente diferentes, enquanto que o primeiro é regulável através de uns discos distribuidores conforme as preferências do utilizador, o segundo tem incorporado um regulador de caudal que mantém constante, independentemente da pressão a que o fluido se encontra.



**Figura 2.18- Chuveiros Novolux e Novolence**

Curiosamente, o chuveiro Nevolence mostrou ser mais acessível em termos de preço do que os considerados chuveiros tipo, o que demonstra que nem sempre os equipamentos mais eficientes são os mais caros.

### B) Edifício de escritórios

Para este caso não se consideram os chuveiros com sistema temporizador, uma vez que o LEED não contempla as reduções no tempo de utilização que estes proporcionam, sendo a sua poupança apenas resultante do caudal que debitam. Estes sistemas são bastante utilizados em alguns balneários e



piscinas e inibem o consumo de água, apesar de tornarem o banho menos cómodo, pois alguns estão programados para descargas de tempo muito curtas. Assim, apesar de não terem sido estudados, por dificuldades em estimar as reduções, devem sempre ser considerados para potenciais implementações.

Para este caso escolheu-se novamente o chuveiro Novolux e ainda o chuveiro de parede Profilux (Figura 2.19), que apesar de mais oneroso, apresenta também o menor consumo e um sistema anti-roubo, o que se justifica quando se esta perante um edifício frequentado por muitas pessoas.



**Figura 2.19- Chuveiro Profilux**

#### **2.6.5. *Máquina de lavar roupa e máquina de lavar loiça***

No que respeita aos equipamentos escolhidos, verificou-se que para além de pouparem água, apresentam também elevada eficiência energética, de lavagem, de centrifugação e de secagem, estando todas dentro da categoria A. Ou seja, apesar de neste estudo só ser estudada a eficiência no consumo de água, as restantes mais-valias deverão ser tidas em conta aquando da aquisição do equipamento.

Foram escolhidas duas máquinas de lavar loiça da mesma marca, e com a mesma capacidade de lavagem que os modelos utilizados para definir equipamentos tipo (equivalente a 12 pessoas) e, como anteriormente, fez-se a média do preço, ficando-se assim com uma ideia de quanto se tem de pagar a mais por uma máquina eficiente. As máquinas consideradas encontram-se na Figura 2.20.



**Figura 2.20- Máquinas de lavar loiça Bosch e Siemens**

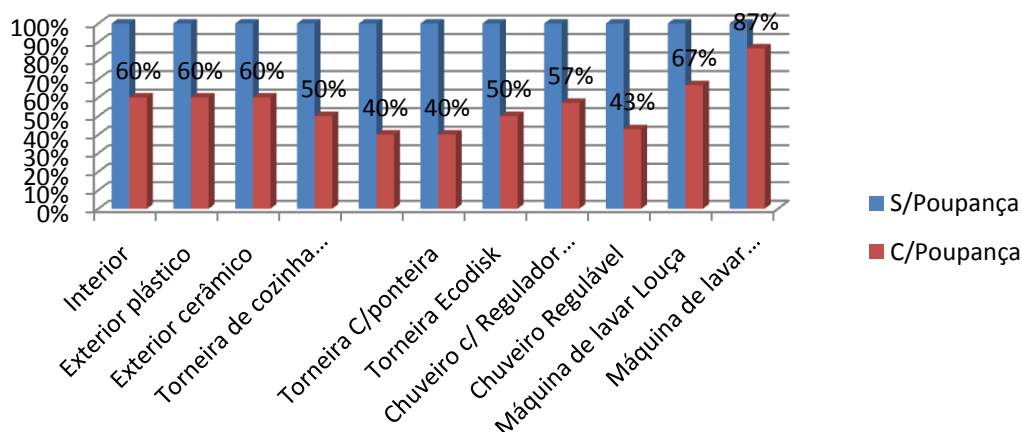
## Redução do Consumo de Água

Na escolha das máquinas de lavar roupa realizou-se uma análise do mesmo tipo, neste caso para máquinas com capacidade de carga igual a 6 kg e igualmente com as mesmas marcas para as quais se escolheu o equipamento base.

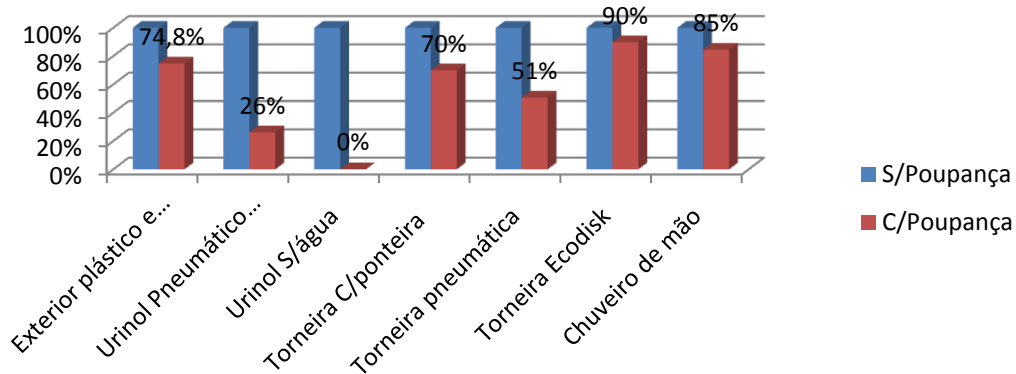


**Figura 2.21- Máquinas de lavar roupa Teka e Siemens**

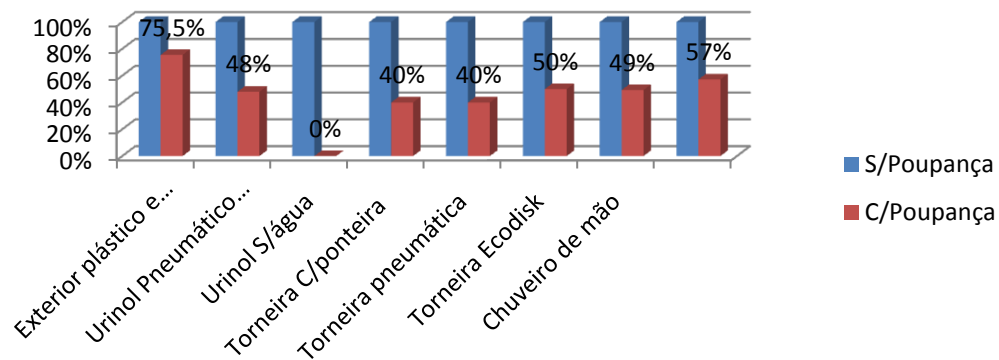
As Figura 2.22 a 2.24 indicam os novos consumos dos equipamentos, face aos anteriores, para a habitação familiar e edifício de escritórios.



**Figura 2.22- Novos consumos na habitação face aos anteriores**



**Figura 2.23- Novos consumos no edifício de escritórios face aos anteriores (LEED)**



**Figura 2.24- Novos consumos no edifício de escritórios face aos anteriores (BREEAM)**

Concluída a lista dos equipamentos é necessário saber a verdadeira dimensão da água que se consegue poupar assim como a rentabilidade da aplicação dos equipamentos.

## 2.7. ANÁLISE ECONÓMICA

Na elaboração de uma análise económica é necessário saber quanto se vai investir e o retorno que se espera obter. Assim, e uma vez calculado o investimento inicial, para cada equipamento, optou-se por calcular os benefícios anuais, subtraindo os gastos com a água e aquecimento usando equipamentos tipo aos gastos usando equipamentos de poupança.

### 2.7.1. Cálculo dos Benefícios Anuais

De forma análoga às operações efectuadas para os equipamentos sem poupança (pontos 2.4.4 e 2.5.3, páginas 21 e 29) efectuou-se a determinação dos consumos totais anuais e consequentes encargos para os equipamentos eficientes. Se aos primeiros se subtrair os segundos obtêm-se os benefícios, ou seja, o que anualmente se poupa.

As Tabelas 2.21 a 2.23 resumem os dados que permitiram a obtenção dos benefícios anuais, para a habitação familiar e edifício de escritórios com base no sistema LEED e BREEAM. Note-se que o indicado é o consumo total de água, sendo que cada redução só é afectada pelo equipamento em estudo.

**Tabela 2.21- Obtenção dos benefícios para o caso da habitação familiar**

S/ Equipamentos de Poupança					C/ Equipamentos de poupança				Benefício		
			Porto	Faro					Porto	Faro	
Equipamento	Descrição	m³/ano	€/ano	€/ano	Descrição	m³/ano	€/ano	€/ano	m³/ano	€/ano	€/ano
Autoclismo	Interior	183	742	555	Interior	164	691	522	18	52	33
	Exterior plástico	183	742	555	Exterior plástico	164	691	522	18	52	33
	Exterior cerâmico	183	742	555	Exterior cerâmico	164	691	522	18	52	33
Torneira de lavatório	Monocomando	183	742	555	Monocomando+Ecodisk	176	725	544	6	17	11
			742	555	C/ponteira perlizadora	175	722	550	7	21	4
Torneira de cozinha	Monocomando	183	742	555	C/ponteira perlizadora	180	736	550	2	7	4
			742	555	Monocomando + Ecodisk	181	737	551	2	6	4
Chuveiro	Clássico	183	742	555	C/Regulador de caudal	142	544	398	41	199	157
			742	555	Regulável	128	477	345	54	265	210
Máquina	Loiça	183	742	555	Louça	181	738	552	2	4	3
Máquina	Roupa	183	742	555	Roupa	181	738	552	2	5	3

**Tabela 2.22- Obtenção dos benefícios para o caso do edifício de escritórios tendo por base o LEED**

S/ Equipamentos de poupança					C/ Equipamentos de poupança				Benefício		
			Porto	Faro						Porto	Faro
Equipamento	Descrição	m³/ano	€/ano	€/ano	Equipamento	m³/ano	€/ano	€/ano	m³/ano	€/ano	€/ano
Autoclismo	Exterior plástico	9100	36938	43695	Exterior plástico	9073	36842	43579	28	96	116
	Exterior cerâmico	9100	36938	43695	Exterior cerâmico	8572	35106	41471	529	1832	2224
Urinol	Fluxómetro exterior	9100	36938	43695	Pneumático temporizado	8482	34797	41096	618	2141	2599
					Sem água	8264	34039	40175	837	2899	3520
Torneira de lavatório	Monocomando	9100	36938	43695	Ponteira perlizadora	8631	35310	41719	470	1627	1976
					Pneumática	8327	34259	40443	773	2678	3252
					Monocomando + Ecodisk	8941	36384	43023	160	553	672
Chuveiro	Clássico	9100	36938	43695	Chuveiro de mão	8406	33696	39937	694	3242	3758

**Tabela 2.23- Obtenção dos benefícios para o caso do edifício de escritórios tendo por base o BREEAM**

S/ Equipamentos de poupança					C/ Equipamentos de poupança				Benefício		
			Porto	Faro						Porto	Faro
Equipamento	Descrição	m³/ano	€/ano	€/ano	Equipamento	m³/ano	€/ano	€/ano	m³/ano	€/ano	€/ano
Autoclismo	Exterior plástico	11148	46623	54900	Exterior plástico	11121	46532	54790	26	91	110
	Exterior cerâmico	11148	46623	54900	Exterior cerâmico	10638	44857	52756	510	1766	2144
Urinol	Fluxómetro exterior	11148	46623	54900	Pneumático temporizado	10975	46025	54175	172	597	725
					Sem água	10816	45474	53506	332	1149	1395
Torneira de lavatório	Monocomando	11148	46623	54900	Ponteira perlizadora	9954	42488	49879	1193	4135	5021
					Pneumática	9954	42488	49879	1193	4135	5021
					Monocomando + Ecodisk	10153	43177	50716	995	3446	4184
Chuveiro	Clássico	11148	46623	54900	Fixo	7779	30894	36670	3369	15729	18230
					Chuveiro de mão	8301	33331	39494	2847	13292	15406

Para o caso de estudo do edifício de escritórios usando o sistema LEED não se teve em conta o chuveiro fixo para efeitos de benefício uma vez que o seu consumo para 5,5 Bar é 9,46 L/min (Tabela 2.20) sendo exactamente igual ao consumo definido como caso base (Tabela2.3) não havendo por isso qualquer redução.

Por coincidência, os consumos anuais da torneira de lavatório com ponteira perlizadora são exactamente iguais aos consumos da torneira pneumática, para o caso BREEAM do edifício de escritórios, isso deve-se ao facto de esta última, apesar de consumir um pouco mais que a primeira (Tabela 2.20, página 31), apresenta uma redução do tempo de utilização de 15 para 12 s, consumindo o mesmo no final como podemos verificar pela seguinte equação:

$$4,8L/min * \frac{15s}{60s} = 6 L/min * \frac{12s}{60s}$$

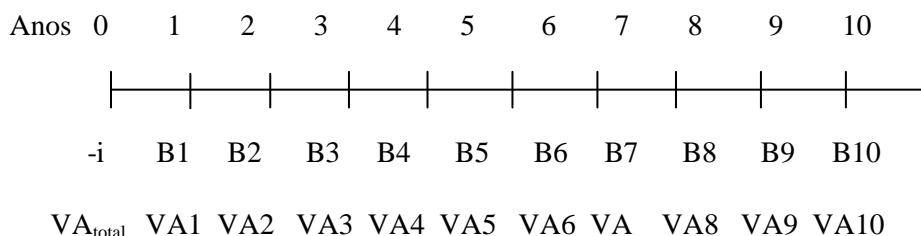
### 2.7.2. *Procedimentos e parâmetros da análise de investimento*

Depois de calculado o investimento para cada equipamento assim como os benefícios ou retornos que se espera que surjam anualmente procedeu-se à análise de investimento tendo em conta um determinado período. Esta parte revela-se como uma das mais importantes para este estudo pois é este tipo de análise que permite fundamentar a viabilidade de um investimento.

Para se ser o mais realista possível é necessário considerar que os benefícios que se esperam obter agora não serão os mesmos que se obterão no futuro, uma vez que o mesmo dinheiro e valerá menos, devido à taxa de inflação ou à taxa de juro. A consideração desta última justifica-se pelo período de espera em obter o lucro, durante o qual o mesmo dinheiro poderia estar a render num banco.

Assim, foi necessário afectar estas duas taxas aos lucros futuros, produzindo-se valores actualizados que, quando somados, permitem obter os benefícios totais do investimento para o tempo em questão, tal como referido em Claro [2006].

O esquema seguinte pretende clarificar melhor como este estudo foi realizado. O período de análise escolhido foi de 10 anos, no entanto espera-se que estes equipamentos tenham um tempo de vida útil bastante mais longo.



Define-se por:

i = Investimento no equipamento de poupança

$$B_n = \text{Benefício para cada ano futuro} = B(1 + T_{tarifa})^{n-1}$$

$$VA_n = \text{Valor actualizado do } B_n = B_n \left( \frac{1}{1 + T_{juro}} \right)^n \left( \frac{1}{1 + T_{inf}} \right)^n$$

$$VA_{total} = \text{Valor actualizado total}$$

$$= \sum_{n=1}^t \left[ B(1 + T_{tarifa})^{n-1} \left( \frac{1}{1 + T_{juro}} \right)^n \left( \frac{1}{1 + T_{inf}} \right)^n \right]$$

Em que:

B = Benefício que se espera obter com o equipamento em questão;

n = Ano em análise;

t = Número de anos que compõem a análise;

T<sub>tarifa</sub> = Taxa de evolução da tarifa da água;

T<sub>juro</sub> = Taxa de juro;

T<sub>inf</sub> = Taxa de inflação.

O valor i apresenta-se no esquema com sinal negativo uma vez que se trata de um investimento sendo por isso dinheiro a menos. Naturalmente que os valores B<sub>n</sub> serão positivos pois representam benefícios.

Deve-se ainda ter em conta que nesta análise se considerou que no primeiro ano já se conhece a tarifa da água, por isso se usou o exponencial (n-1) para o cálculo do B<sub>n</sub>. Mas no entanto o valor B<sub>1</sub> também é actualizado, sendo por isso a hipótese considerada a menos favorável.

Também se poderia ainda ter em conta o valor residual, que representa o valor que o bem adquirido possui no mercado, no entanto este não foi considerado porque para além de ser um equipamento que se iria adquirir de qualquer das formas, seja de poupança ou não, torna-se pouco útil pois não é o valor do material em si mas sim o benefício que o equipamento pode trazer que o torna verdadeiramente interessante ao potencial investidor.

Para este estudo utilizaram-se os seguintes parâmetros indicativos da rentabilidade do investimento:

1. **Tempo de retorno do investimento (TRI)** – Tempo que um investimento demora a ser amortizado, ou seja, momento a partir do qual é rentável

Este valor pode ser calculado igualando o VA<sub>total</sub> ao investimento (i). O ano (n) a que corresponder essa igualdade é o tempo de retorno.

2. **Taxa interna de rentabilidade (TIR)** - É a taxa de actualização que iguala os valores actuais dos *cash-flow* de um projecto (neste caso os benefícios) aos investimentos e pode ser dada pela seguinte expressão:

$$i + \sum_{n=1}^t Bn \left( \frac{1}{1 + TIR} \right)^n = 0$$

Se esta taxa superar o custo de capital ( $t_{\text{juro}}$ ) ou a rentabilidade requerida pelo investidor o investimento será lucrativo.

3. **Ganhos ao final de 10 anos.** Apesar de não ser um parâmetro muito comum achou-se que o seu cálculo seria interessante para se ter uma ideia da dimensão da quantia envolvida. Foi calculado da seguinte forma:

$$Ganhos_{10 \text{ anos}} = -i + VA1 + VA2 + VA3 + VA4 + VA5 + VA6 + VA7 + VA8 + VA9 + VA10$$

Como se pode verificar, o estudo económico tem por base a utilização de três taxas,  $T_{\text{tarifa}}$ ,  $T_{\text{juro}}$  e  $T_{\text{inf}}$ . O problema que se apresenta é saber quais os seus valores para o futuro, uma vez que elas chegam mesmo a variar de ano para ano, principalmente se se tiver em conta o actual panorama internacional. A resposta é óbvia, não se consegue fazer uma estimativa exacta.

A solução encontrada foi apresentar uma hipótese em que as taxas são favoráveis ao investimento, e outra em que elas são totalmente desfavoráveis. Deve-se ter em conta que não é por as taxas não serem favoráveis que o investimento irá necessariamente deixar de se tornar rentável. Pode-se dizer que as mesmas servem como indicador de mercado.

Assim realizou-se um pequeno estudo em que se definiram as duas hipóteses para cada taxa.

#### A. Taxa de inflação ( $T_{\text{inf}}$ )

De acordo com o relatório de Fevereiro “Índices de preços no consumidor” [17] publicado pelo INE a 11 de Março de 2009, a taxa de variação média dos últimos 12 meses diminuiu para 2,2%, fruto da crise internacional e de alguns factores de agravamento nacionais, como sejam o forte endividamento ou a grande concorrência no retalho. Assim, definiu-se esta taxa como a situação favorável, e que reflecte o actual panorama nacional, e uma taxa de 3% como situação desfavorável.

#### B. Taxa de juro ( $T_{\text{juro}}$ )

Muitas das taxas de juro disponibilizadas pelos bancos para contas a prazo têm como referência a taxa EURIBOR, no entanto, por ela estar tão baixa, cerca de 1,83% a 12 meses [18] decidiu-se tomar como

favorável a taxa de 2,5% a 12 meses oferecida por alguns bancos [19] e uma taxa menos favorável ao investimento de 4%.

### *C. Taxa de evolução da tarifa da água ( $T_{tarifa}$ )*

A tarifa que a grande maioria dos municípios cobra inclui o abastecimento de água, saneamento e recolha de resíduos. Estas taxas têm seguido variações diferentes nos últimos anos. Na taxa de abastecimento e saneamento a tendência tem sido de crescimento situando-se nos 6% anuais [20]. No entanto estes dados são os correspondentes às tarifas praticadas pelas entidades responsáveis pela gestão da água em alta, e não se reflectem directamente nos preços aplicados ao consumidor, uma vez que muitos dos municípios praticam preços inferiores e por isso as taxas são mais baixas. No entanto espera-se que esta diferença venha a diminuir até 2013, pois o actual panorama de endividamento de algumas câmaras é bastante insustentável.

Quanto à componente dos resíduos verifica-se uma subida anual nos últimos anos de 3%, mas que recentemente tem sofrido um ligeiro abrandamento e se situará na ordem do 1%.

Assim, decidiu-se considerar uma subida média anual da tarifa de 1%, na pior das hipóteses, caso em que os custos são suportados grandemente pelos organismos municipais, e uma subida de 3%, sendo uma previsão realista e mais favorável ao investimento pretendido.

Na Tabela 2.24 estão indicadas, em síntese, as duas hipóteses que permitem cobrir uma grande margem de possibilidades, pois são valores extremos.

**Tabela 2.24- Tarifas desfavoráveis e favoráveis**

	<b>Desfavorável</b>	<b>Favorável</b>
$T_{inf}$	3,0%	2,2%
$T_{juro}$	4,0%	2,5%
$T_{tarifa}$	1,0%	3,0%
$T_{desv}$	2,0%	2,0%

Recolhidos todos os dados necessários para se fazer um estudo o mais realista possível passou-se à concepção de um ferramenta de cálculo que facilitasse os cálculos anteriores e permitisse a sua interligação.

## 2.8. EXPLICAÇÃO DA FERRAMENTA DE CÁLCULO

A ferramenta de cálculo foi criada em suporte Microsoft Excel e tem as vantagens de automatizar os cálculos indicados nos pontos anteriores assim como de permitir uma adaptação a qualquer caso de estudo, bastando para tal modificar os parâmetros que o caracterizam.



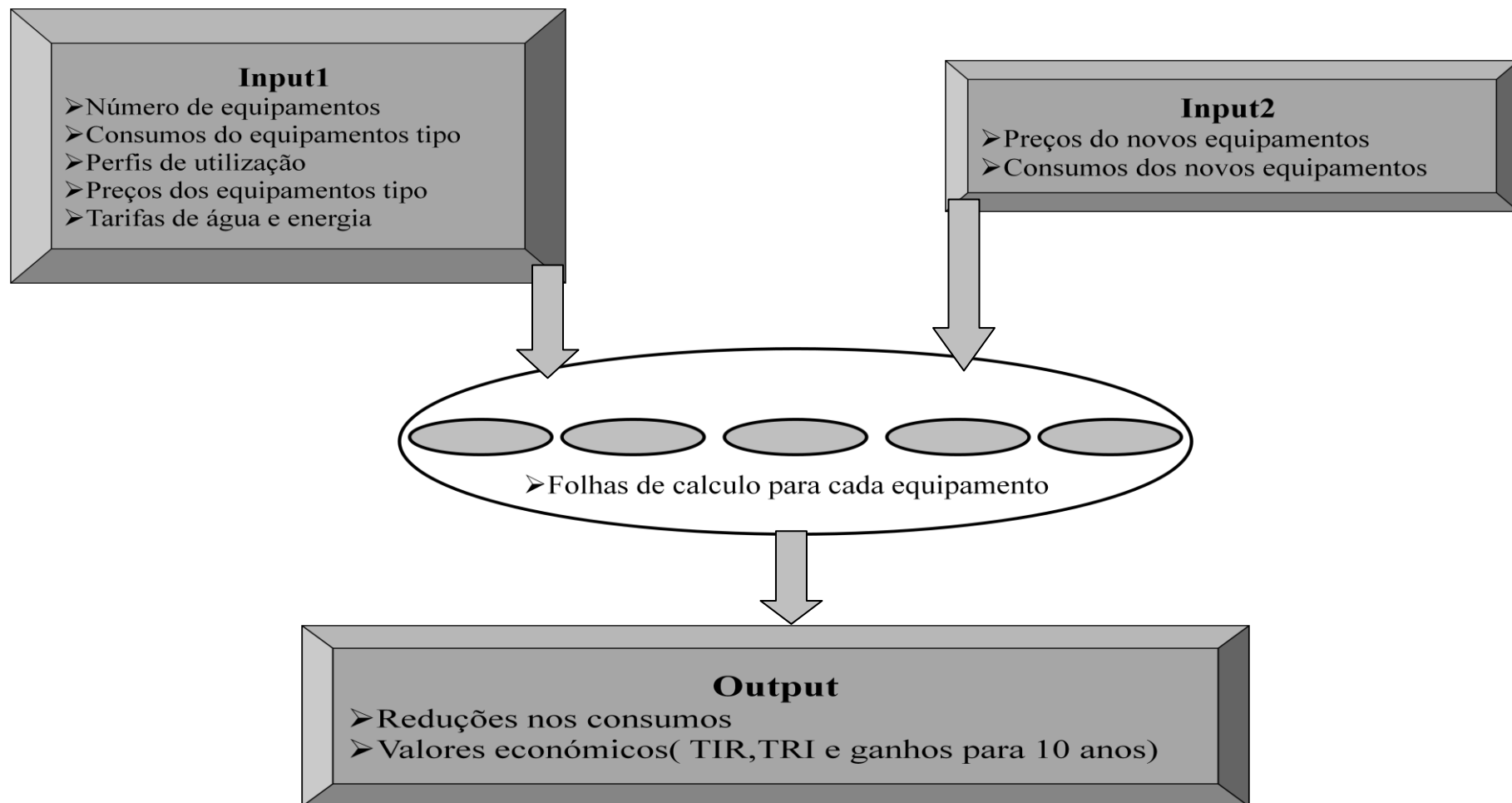
Esses parâmetros, *Inputs1*, podem ser os seguintes:

- a) **Número de equipamentos:** Apesar de em geral não influenciar os consumos é essencial para se saber o preço total dos equipamentos;
- b) **Consumos dos equipamentos tipo:** Deve-se procurar esses dados no fabricante e só em último caso estimá-los;
- c) **Perfis de utilização:** Tal como mencionado no ponto 2.4.3 os perfis de utilização devem ser estimados de acordo com o tipo de utilizadores do edifício e a sua sazonalidade, se for o caso;
- d) **Preços dos equipamentos tipo:** São necessários para se poder contabilizar o investimento base, ou seja o investimento que se faria em equipamentos que não poupam;
- e) **Tarifas da água e energia para aquecimento de AQS:** A tarifa de água deve ser obtida tendo em conta a entidade que vende a água ao consumidor e calculada de acordo com o escalão de consumo existente. A tarifa definida pelo tipo de energia utilizado para aquecimento de AQS e a entidade que a fornece.

Depois de determinados os parâmetros anteriores é necessário saber o preço dos equipamentos eficientes disponíveis no mercado que se vão considerar e quais os seus consumos. Obtém-se então uma segunda série de dados para carregamento (*Inputs2*) ficando-se assim com todos os dados necessários para que o programa funcione.

Como *Outputs* a ferramenta apresenta as reduções no consumo total de água que cada equipamento em estudo consegue alcançar e ainda faz o estudo económico apresentando como valores o TRI, a TIR e os ganhos esperados ao final de 10 anos.

O seguinte diagrama pretende resumir o funcionamento do processo acima descrito.



## 2.9. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados foram os *outputs* obtidos pela ferramenta criada, para os dois casos de estudo (habitação familiar e edifício de escritórios), em duas zonas (Porto e Faro), e considerando um panorama de mercado favorável e outro desfavorável.

Devido ao grande volume de informação obtida decidiu-se primeiro analisar os resultados para uma determinada situação particular, neste caso para o Porto em condições económicas desfavoráveis, e só então se fez uma análise geral para as várias situações.

A escolha de apenas uma situação para análise individual dos equipamentos é possível pois não houve grande diferença de resultados.

### A) Habitação familiar

Na Tabela 2.25 são indicados os resultados para este caso de estudo específico. Deve-se mais uma vez referir que investimento e reduções conseguidas são independentes da localização do caso de estudo.

Os resultados positivos têm preenchimento enquanto os menos positivos não, para uma melhor distinção.

**Tabela 2.25- Resultados para o Porto numa situação desfavorável**

Equipamento	Descrição	Consumos		Porto (Situação desfavorável)				
		L/min (3 Bar)	L	Investimento (€)	Redução	TRI	TIR	Ganhos em 10 anos (€)
Autoclismo	Interior	-	3/6	6,4	10,1%	1	807%	370
	Exterior plástico	-	3/6	61,0	10,1%	2	86%	315
	Exterior cerâmico	-	3/6	2,3	10,1%	1	2301%	374
Torneira de lavatório	Monocomando + Ecodisk	6	-	243,0	3,4%	11	-5%	-118
	C/ponteira perlizadora	4,8	-	56,3	4,0%	4	36%	94
Torneira de cozinha	C/ponteira perlizadora	4,8	-	22,5	1,3%	4	29%	28
	Monocomando + Ecodisk	6	-	204,8	1,1%	11	-	-163
Chuveiro	C/regulador de caudal	8	-	60,6	22,4%	1	329%	1.385
	Chuveiro regulável	6	-	0,0	29,8%	0	-	1.928
Máquina	Loiça	-	10	148,1	0,8%	11	-	-117
Máquina	Roupa	-	45	113,9	0,9%	11	-	-80

A redução máxima conseguida nos consumos domésticos foi de cerca de 47%, o que significa uma poupança de quase metade da água que se consumia considerando o caso base, passando-se de 183,5 para 97 m<sup>3</sup>/ano.

Pelo que se pode verificar, TRI curtos implicam maiores TIR. Entre equipamentos os ganhos ao final de 10 anos variam não só em função do TRI e da TIR como também do volume de redução.

## Redução do Consumo de Água

Verifica-se também que escolher autoclismos de dupla descarga, independentemente do seu tipo, é muito vantajoso e é um investimento que se sustenta a ele próprio muito rapidamente, nem que para isso se tenha que escolher todo o conjunto de autoclismo diferente, como é o caso do exterior plástico.

No que respeita às torneiras de maior custo a poupança de água conseguida não as tornou por si só viáveis, quer pela baixa representação das torneiras nos consumos totais da casa (Figura 2.4), quer pelo investimento que representam. No entanto, para quem pensa investir num equipamento mais caro, este é vantajoso em relação a outros que não poupam água.

Uma solução possível, para quem já tiver torneiras instaladas poderão ser as ponteiras perlizadoras, que mostraram ser bastante viáveis, mesmo quando os consumos já de si são baixos.

Os chuveiros foram sem sombra de dúvida os que obtiveram melhores resultados devido a representarem a maior fatia dos consumos domésticos e a não serem demasiado caros. Com eles consegue-se um retorno quase imediato com garantias de comodidade no duche.

As máquinas de lavar apresentaram ambos valores negativos pois apesar de recuperarem 31€ (máquina de lavar loiça) e 34€ (máquina de lavar roupa) relativamente ao investimento inicial este valor não foi suficiente. Deve-se no entanto referir que a poupança é também energética, quer pela menor quantidade de água que se aquece, quer porque o próprio sistema é também mais moderno e eficiente. Contudo, este estudo já saíria fora do âmbito desta dissertação.

Pode então concluir-se que, quem quer construir ou recuperar uma casa apostando na eficiência no consumo de água e recuperando ainda o investimento deverá optar por autoclismos dual, qualquer que seja o seu tipo, colocar ponteiras perlizadoras nas suas torneiras assim como chuveiros com regulador de caudal. No que respeita às máquinas de lavar a opção deverá ser um pouco mais estudada, se o objectivo for recuperar rapidamente o investimento.

Vejam-se agora o conjunto dos resultados para a localização Porto e Faro, disponíveis nas Tabelas 2.26 e 2.27.

**Tabela 2.26- Resultados completos para a localização Porto para as duas situações**

Equipamento	Descrição	Situação desfavorável (Porto)			Situação favorável (Porto)			
		TRI	TIR	Ganhos em 10 anos (€)	TRI	TIR	Ganhos em 10 anos (€)	Aumento (10 anos)
Autoclismo	Interior	1	807%	370	1	809%	452	22%
	Exterior plástico	2	86%	315	2	88%	397	26%
	Exterior cerâmico	1	2301%	374	1	2303%	456	22%
Torneira de lavatório	Monocomando + Ecodisk	11	-5%	-118	11	-3%	-90	23%
	C/ponteira perlizadora	4	36%	94	3	38%	127	35%
Torneira de cozinha	C/ponteira perlizadora	4	29%	28	4	31%	39	40%
	Monocomando + Ecodisk	11	-	-163	11	-	-154	6%
Chuveiro	C/regulador de caudal	1	329%	1.385	1	331%	1.702	23%
	Chuveiro regulável	0	-	1.928	0	-	2.350	22%
Máquina	Loiça	11	-	-117	11	-	-110	6%
Máquina	Roupa	11	-	-80	11	-11%	-72	9%

**Tabela 2.27- Resultados completos para a localização Faro para as duas situações**

Equipamento	Descrição	Situação desfavorável (Faro)			Situação favorável (Faro)			Aumento (10 anos)
		TRI	TIR	Ganhos em 10 anos (€)	TRI	TIR	Ganhos em 10 anos (€)	
Autoclismo	Interior	1	511%	232	1	513%	284	22%
	Exterior plástico	3	54%	177	2	56%	229	29%
	Exterior cerâmico	1	1457%	236	1	1459%	288	22%
Torneira de lavatório	Monocomando + Ecodisk	11	-12%	-164	11	-10%	-146	11%
	C/ponteira perlizadora	6	20%	39	5	22%	60	53%
Torneira de cozinha	C/ponteira perlizadora	7	15%	9	6	17%	16	75%
	Monocomando + Ecodisk	11	-	-178	11	-21%	-173	3%
Chuveiro	C/regulador de caudal	1	260%	1.081	1	262%	1.331	23%
	Chuveiro regulável	0	-	1.523	0	-	1.856	22%
Máquina	Loiça	11	-	-128	11	-	-124	3%
Máquina	Roupa	11	-	-92	11	-	-88	5%

Como será interessante verificar, de uma situação desfavorável para uma situação favorável verifica-se um aumento maior dos ganhos ao final de 10 anos para os casos em que a poupança de água do equipamento é maior, pois é sobre a poupança de água conseguida que as tarifas vão recair. Assim, quanto maior a poupança de água maior será a influência das situações económicas favoráveis e desfavoráveis.

Nos casos em que a poupança é igual (autoclismos) ela manifesta-se mais rapidamente quando o equipamento é mais barato. Como o autoclismo exterior plástico era o equipamento mais caro, foi este que aumentou mais os ganhos quando a situação ficou favorável.

Analisando agora as localizações Porto e Faro verifica-se que o tarifário influencia consideravelmente os ganhos de todos os equipamentos.

Conclui-se portanto que ter em conta o tarifário da água para a zona onde se faz o estudo é imperativo chegando em alguns casos a uma diferença de 40%, como é o caso das torneiras em situação favorável.

## B) Edifício de escritórios – Aplicação do LEED

Da mesma forma que se apresentaram os resultados para a habitação familiar serão agora apresentados os obtidos para o edifício de escritórios, no caso em que se considera o sistema LEED. Estes valores encontram-se na Tabela 2.28.

**Tabela 2.28- Resultados para o Porto numa situação desfavorável**

<i>Porto (Situação desfavorável)</i>								
Equipamento	Descrição	L/min (5,5 Bar)	L (5,5 Bar)	Redução	Investimento (€)	TRI	TIR	Ganhos em 10 anos (€)
Autoclismo	Exterior plástico	-	3/6	0,30%	348	5	25%	347
	Exterior cerâmico	-	3/6	5,81%	63	1	2909%	13.249
Urinol	Pneumático temporizado	-	0,99	6,79%	10306	6	17%	5.250
	Sem água	-	0	9,19%	20586	11	8%	-1.945
Torneira	C/ ponteira perlizadora	6,63	-	5,16%	1586	2	103%	10.239
	Pneumática	6	-	8,49%	20570	11	6%	-1.107
	Monocomando + Ecodisk	8,5	-	1,75%	6951	11	-3%	-2.930
Chuveiro	Chuveiro de mão	8	-	7,63%	747	1	435%	22.813

Para este caso consegue-se uma redução total máxima nos consumos de cerca de 31,42%, o que é sem dúvida significativo dada os valores base que este sistema indica serem já de si bastante reduzidos.

No caso do urinol pneumático temporizado conseguiu-se uma descarga de 0,99 L considerando que o equipamento debita um caudal de 0,33 L/s e faz uma descarga mínima de 3s.

Os autoclismos *dual* mostraram mais uma vez ser extremamente rentáveis, e uma opção quase obrigatória nos casos em que há grandes consumos. Mesmo no caso do autoclismo plástico, cujo investimento é mais avultado e com perfis de utilização bastante inferiores aos cerâmicos (Tabela 2.9, página 21 e Tabela 2.10, página 21) devido à sua colocação apenas no balneário, se conseguiu obter um TRI de 5 anos.

Apesar de funcionarem sem o recurso a água, os urinóis não mostraram ser tão rentáveis como o urinol pneumático temporizado. Para esse efeito contribuíram o elevado custo de investimento neste equipamento assim como a necessidade de manutenção, que acaba por reduzir os ganhos anuais com a poupança de água. A título de curiosidade, se não fosse pela manutenção, o investimento seria rentável em 479€ após 10 anos.

De qualquer forma, o investimento terá rentabilidade se considerar um período de estudo maior, pois a TIR é positiva.

No que respeita às torneiras, apenas as equipadas com ponteiras perlizadoras conseguiram compensar o investimento em 10 anos. Isto deve-se ao facto dos consumos nas torneiras representarem apenas 17% do consumo total de água (Figura 2.6, página 24) e ao elevado investimento que as restantes implicam.

Deve-se no entanto referir que é diferente ter uma torneira comum com ponteira perlizadora e ter uma torneira pneumática, primando esta última pela elevada qualidade de funcionamento e acabamentos.

O chuveiro, apesar de apenas conseguir uma redução de 9,46 para 8 L/min mostrou ser uma boa aposta apresentando um TRI de apenas um ano. No entanto, este chuveiro não é ideal para edifícios frequentados por muitas pessoas, pois não tem qualquer protecção anti-vandalismo ou anti-roubo.

As Tabelas 2.29 e 2.30 apresentam os resultados para todas as situações.

**Tabela 2.29- Resultados completos para a localização Porto para as duas situações**

Equipamento	Descrição	Porto (Situação desfavorável)			Porto (Situação favorável)		
		TRI	TIR	Ganhos em 10 anos (€)	TRI	TIR	Ganhos em 10 anos (€)
Autoclismo	Exterior plástico	5	25%	347	4	27%	499
	Exterior cerâmico	1	2909%	13.249	1	2911%	16.163
Urinol	Pneumático temporizado	6	17%	5.250	6	19%	8.655
	Sem água	11	8%	-1.945	9	9%	2.283
Torneira	c/ ponteira perlizadora	2	103%	10.239	2	105%	12.828
	Pneumática	11	6%	-1.107	9	8%	3.154
	Monocomando + Ecodisk	11	-3%	-2.930	11	-2%	-2.050
Chuveiro	Chuveiro de mão	1	435%	22.813	1	437%	27.971

**Tabela 2.30- Resultados completos para a localização Faro para as duas situações**

Equipamento	Descrição	Faro (Situação desfavorável)			Faro (Situação favorável)		
		TRI	TIR	Ganhos em 10 anos (€)	TRI	TIR	Ganhos em 10 anos (€)
Autoclismo	Exterior plástico	4	32%	496	4	34%	681
	Exterior cerâmico	1	3532%	16.102	1	3534%	19.641
Urinol	Pneumático temporizado	5	23%	8.583	5	24%	12.719
	Sem água	9	12%	2.569	7	14%	7.785
Torneira	C/ ponteira perlizadora	1	126%	12.774	1	128%	15.917
	Pneumática	9	10%	3.064	7	12%	8.238
	Monocomando + Ecodisk	11	0%	-2.068	11	2%	-999
Chuveiro	Chuveiro de mão	1	504%	26.560	1	506%	32.538

Verifica-se que o único equipamento que não é efectivamente viável em termos económicos é a torneira monocomando com sistema Ecodisk, o que se justifica pela reduzida poupança que esta permite face ao caso base.

Mais uma vez fica patente a grande influência que a tarifa da água pode ter. Permitiu que investimentos com mais de 11 anos de TRI no Porto passassem para 9 no caso de Faro.

No caso do edifício de escritórios o preço de energia para aquecimento é igual no Porto e em Faro (ponto 2.5.2, página 28), caso contrário esta tarifa também seria influente.

Se para o caso da habitação familiar o facto de se considerarem duas situações económicas distintas não representava grandes diferenças entre os possíveis ganhos, neste caso, como se trata de grandes consumos, as variações podem representar elevadas quantias, como é o caso do chuveiro, em que a diferença de ganhos ao final de 10 anos para Faro de 5978€.

C) Edifício de escritórios – Aplicação do BREEAM

Por último apresentam-se os resultados para o edifício de escritórios tendo por base o sistema BREEAM. A Tabela 2.31 analisa em pormenor uma situação desfavorável no Porto.

**Tabela 2.31- Resultados da situação desfavorável para a localização Porto**

Equipamento	Descrição	Investimento extra (€)	L/min(3Bar)	L (3Bar)	Redução	Porto (Situação desfavorável)		
						TRI	TIR	Ganhos em 10 anos (€)
Autoclismo	Exterior plástico	348	-	3/6	0,23%	5	24%	310
	Exterior cerâmico	63	-	3/6	4,57%	1	2803%	12.767
Urinol	Pneumático temporizado	10.306	-	0,72	1,55%	11	-8%	-5.965
	Sem água	20.586	-	0	2,97%	11	-9%	-14.663
Torneira	C/ ponteira perlizadora	1.586	4,8	-	10,71%	1	262%	28.463
	Pneumática	20.570	6	-	10,71%	7	16%	9.478
	Monocomando + Ecodisk	6.951	6	-	8,92%	3	50%	18.089
Chuveiro	Fixo	4.928	6,9	-	30,22%	1	320%	109.369
	Chuveiro de mão	747	8	-	25,54%	1	1779%	95.842

Para este caso consegue-se uma redução máxima de 48,7% no consumo de água, o que é sem dúvida uma grande poupança.

No que respeita aos autoclismos o LEED indica como consumo base 6,06L, 0,06 L superior ao BREEAM (ponto 2.4.1, página 16), o que se reflecte directamente em menores ganhos para 10 anos, utilizando este último.

Tal como no sistema LEED, o volume de descarga do urinol pneumático é calculado tendo em conta um caudal de descarga de 0,24 L/s para uma pressão de 3 Bar e um tempo de descarga mínimo de 3s.

O consumo de 1,5 L definido como consumo base foi o responsável pelo baixo nível de retorno do investimento para os urinóis, com especial destaque para os urinóis sem água pelas razões enumeradas nos casos anteriores.

Os ganhos em 10 anos conseguidos pelos chuveiros são muito elevados o que se justifica mais um vez pelo elevado caudal estabelecido como caso base (14 L/min). Este caudal pode parecer um pouco exagerado, mesmo para chuveiros convencionais. O PNUEA [15], por exemplo, identifica um caudal médio de 12 L/min. Mas mesmo para este caudal conseguir-se-ia um ganho ao final de 10 anos de 63.645€.

As Tabelas 2.32 e 2.33 representam todas as situações para o edifício de escritórios com base no sistema BREEAM



**Tabela 2.32- Resultados para as duas situações no Porto**

Equipamento	Descrição	Porto (Situação desfavorável)			Porto (Situação favorável)		
		TRI	TIR	Ganhos em 10 anos (€)	TRI	TIR	Ganhos em 10 anos (€)
Autoclismo	Exterior plástico	5	24%	310	5	25%	454
	Exterior cerâmico	1	2803%	12.767	1	2805%	15.575
Urinol	Pneumático temporizado	11	-8%	-5.965	11	-7%	-5.015
	Sem água	11	-9%	-14.663	11	-7%	-13.219
Torneira	C/ ponteira perlizadora	1	262%	28.463	1	264%	35.041
	Pneumática	7	16%	9.478	5	18%	16.057
	Monocomando + Ecodisk	3	50%	18.089	3	52%	23.572
Chuveiro	Fixo	1	320%	109.369	1	322%	134.392
	Chuveiro de mão	1	1779%	95.842	1	1781%	116.988

**Tabela 2.33- Resultados para as duas situações em Faro**

Equipamento	Descrição	Faro (Situação desfavorável)			Faro (Situação favorável)		
		TRI	TIR	Ganhos em 10 anos (€)	TRI	TIR	Ganhos em 10 anos (€)
Autoclismo	Exterior plástico	5	25%	328	4	32%	626
	Exterior cerâmico	1	3387%	13.120	1	3388%	15.937
Urinol	Pneumático temporizado	11	-5%	-5.035	11	-4%	-3.881
	Sem água	11	-6%	-12.874	11	-4%	-11.039
Torneira	C/ ponteira perlizadora	1	318%	34.902	1	320%	42.891
	Pneumática	5	22%	15.918	5	23%	23.906
	Monocomando + Ecodisk	2	61%	23.456	2	63%	30.113
Chuveiro	Fixo	1	371%	127.548	1	373%	156.550
	Chuveiro de mão	1	2062%	111.204	1	2064%	135.714

Veja-se mais uma vez o que uma ligeira diferença de tarifa (Tabela 2.15, página 26) pode provocar em termos de TRI e TIR dos investimentos, para o caso do Porto para Faro.

Apesar disso, e devido ao que foi anteriormente referido, nem assim os urinóis se tornaram rentáveis.

Fica patente que numa análise deste tipo, é verdadeiramente importante que se definam os consumos base o mais aproximados da realidade que se conseguir, pois verificou-se a grande sensibilidade a este parâmetro.

Nos casos em que se constrói de raiz, tal como no exemplo em estudo, esta estimativa é mais difícil de se fazer. No entanto, para os casos em que o edifício vai ser reabilitado, ou para quem quiser mudar de equipamento, este estudo será bastante mais simples, bastando para isso fazer uma medição dos caudais do equipamento actual.

## 2.10. VIABILIDADE DOS CRÉDITOS LEED E BREEAM

Seguidamente far-se-á a verificação dos objectivos definidos pelos créditos LEED e BREEAM no ponto 2.2.1 (página 13) e ponto 2.2.2 (página 14), respectivamente. Esta verificação deverá vir sempre acompanhada do estudo económico, sob pena de se enveredar por investimentos enviáveis.

## Redução do Consumo de Água

A implementação dos sistemas LEED e BREEAM só foi estudada para o edifício de escritórios porque representa uma classe em que mais se implementam estes sistemas que envolvem geralmente um grande investimento e conhecimentos técnicos. Se a implementação destes sistemas em grandes empreendimentos em Portugal é ainda incipiente, o que se poderá dizer das habitações familiares.

Para além disso, o estudo da implementação destes sistemas a uma habitação familiar tornar-se-ia bastante mais alargado, pois seria necessário considerar outras versões do LEED e BREEAM que não a “New Construction” e a “Offices”, com outros consumos, perfis de utilização e diferentes objectivos.

A localização e situação escolhidas para a análise foram mais uma vez o Porto numa situação económica desfavorável. Este conjunto corresponde à opção em que é mais difícil obter retorno pois o tarifário do Porto não é tão elevado como o de Faro. Foi escolhido para se assegurar que qualquer desvio à realidade não será prejudicial.

### 2.10.1. Viabilidade dos créditos LEED

#### Crédito WE 2

**Objectivo:** Redução do consumo de água potável nos WC's em 50%;

A Tabela 2.34 fornece os dados para a análise deste crédito.

**Tabela 2.34- Reduções para os WC's e análise económica**

Equipamento	Descrição	Investimento (€)	Redução (WC's)	Porto (Situação desfavorável)		
				TRI	TIR	Ganhos em 10 anos (€)
Autoclismo	Exterior plástico	348	0,9%	5	25%	347
	Exterior cerâmico	63	17,4%	1	2909%	13.249
Urinol	Pneumático temporizado	10.306	20,3%	6	17%	5.250
	Sem água	20.586	27,5%	11	8%	-1.945

**Análise:** A redução máxima conseguida, não olhando ao facto de haver um equipamento que não permite obter retorno no tempo esperado, é de 45,8%, e corresponde à redução conseguida pelos autoclismos e pelo urinol sem água.

Considerando a opção em que se obtém o retorno para todos os equipamentos a redução deverá ser de 38,6%, com os autoclismos e o urinol pneumático temporizado.

**Conclusão:** Em nenhum dos casos se consegue cumprir com o objectivo de reduzir o consumo de água nos WC's em 50%, mesmo com a utilização de autoclismos de dupla descarga e urinóis sem água.

#### Crédito WE 3.1;3.2, e crédito extra

**Objectivo:** Redução no consumo total de água potável em 20, 30 e 40%.

Os valores que permitiram a análise destes créditos estão disponíveis na Tabela 2.35.

**Tabela 2.35- Redução do consumo total e análise económica**

Equipamento	Descrição	Investimento (€)	Redução	Porto (Situação desfavorável)		
				TRI	TIR	Ganhos em 10 anos (€)
Autoclismo	Exterior plástico	348	0,30%	5	25%	347
	Exterior cerâmico	63	5,81%	1	2909%	13.249
Urinol	Pneumático temporizado	10.306	6,79%	6	17%	5.250
	Sem água	20.586	9,19%	11	8%	-1.945
Torneira	C/ ponteira perlizadora	1.586	5,16%	2	103%	10.239
	Pneumática	20.570	8,49%	11	6%	-1.107
	Monocomando + Ecodisk	6.951	1,75%	11	-3%	-2.930
Chuveiro	Chuveiro de mão	747	7,63%	1	435%	22.813

**Análise:** A redução máxima que se consegue com os equipamentos de poupança é de 31,4%.

A opção mais económica (que corresponde ao uso dos autoclismos dual, do urinol pneumático temporizado, da torneira com ponteira perlizadora e do chuveiro de mão) permitirá uma poupança de 25,7%. A título de curiosidade estes equipamentos juntos permitirão um ganho de 51.898€ ao final de 10 anos.

**Conclusão:** A redução do consumo total de água em 20% é um objectivo facilmente alcançável enquanto a redução de 30% só se mostrou possível com a não consideração da opção mais económica. No que respeita à redução em 40% esta não se conseguiu alcançar com nenhuma das opções.

## 2.10.2. Viabilidade dos créditos BREEAM

### Crédito 1

**Objectivo:** De acordo com o ponto 2.2.2 (pagina 14), todos os autoclismos têm que ter um volume de descarga efectiva inferior ou igual a 4,5 L e deverão ser devidamente sinalizados.

**Análise:** Como os autoclismos estudados permitem dois volumes de descarga, um de 3 L e outro de 6 L, a média das descargas deverá ser calculada de acordo com o que o sistema BREEAM estima no ponto anteriormente referenciado. Esse valor deverá ser de 3,75 L.

**Conclusão:** O objectivo do primeiro crédito é cumprido.

### Crédito 2

**Objectivo:** Todos os autoclismos deverão possibilitar um volume de descarga efectiva inferior ou igual a 3 L. Em alternativa deverá ser cumprido o crédito 1 e todos os autoclismos deveriam ter uma válvula que evita que o autoclismo comece a encher quando ainda esta a despejar.

**Análise:** O valor mínimo que se consegue para os equipamentos estudados é de 3,75 L e a segunda alternativa não foi considerada.

## Redução do Consumo de Água

**Conclusão:** Mesmo que se tivesse encontrado um autoclismo com descarga máxima de 5 L este crédito não seria atingido. Ainda foi feita uma pesquisa de um equipamento que reduzisse a descarga mínima de 3 para 2 L, sendo esse efeito até menos preocupante em matéria de escoamentos e permitindo cumprir com este crédito. No entanto, não se encontrou nenhum sistema de descarga com essas características.

A outra opção não foi considerada porque de igual forma não se encontrou um sistema próprio para esse efeito.

### Crédito 3

**Objectivo:** Escolher das seguintes alternativas as duas que permitem uma maior poupança de água

- A Todas as torneiras com excepção das torneiras de cozinha, para fins múltiplos e exteriores deverão ter um caudal máximo de 6 L/min a 3 Bar e serão ou deverão ser uma combinação de torneiras com temporizador, comando electrónico, redutores de caudal ou ainda de pulverizadores.
- B Todos os chuveiros não deverão ultrapassar um fluxo de 9 L/min para uma pressão de 3 Bar.
- C Todos os urinóis terão detectores de presença, fluxos muito baixos ou mesmo funcionar sem água.

**Tabela 2.36- Consumos, redução total e análise económica**

<i>Porto (Situação desfavorável)</i>							
Equipamento	Descrição	L/min (3Bar)	L (3Bar)	Redução	TRI	TIR	Ganhos em 10 anos (€)
Autoclismo	Exterior plástico	-	3/6	0,23%	5	24%	310
	Exterior cerâmico	-	3/6	4,57%	1	2803%	12.767
Urinol	Pneumático temporizado	-	0,72	1,55%	11	-8%	-5.965
	Sem água	-	0	2,97%	11	-9%	-14.663
Torneira	C/ ponteira perlizadora	4,8	-	10,71%	1	262%	28.463
	Pneumática	6	-	10,71%	7	16%	9.478
	Monocomando + Ecodisk	6	-	8,92%	3	50%	18.089
Chuveiro	Fixo	6,9	-	30,22%	1	320%	109.369
	Chuveiro de mão	8	-	25,54%	1	1779%	95.842

**Análise:** As duas opções que permitem a maior redução no consumo total de água potável são o chuveiro fixo e a utilização de torneira com ponteira perlizadora ou torneira pneumática, opções A e B. Depois de escolhidas estas opções verificou-se que os equipamentos possuíam consumos dentro dos limites impostos.

**Conclusão:** O crédito 3 é facilmente atingido e pode-se verificar que a opção C também seria cumprida apesar de apresentar menor rentabilidade.

Em seguida apresenta-se na Tabela 2.37 um resumo dos resultados obtidos pela análise anterior.

**Tabela 2.37- Tabela resumo dos créditos para a estratégia de poupança**

Opções	LEED				BREEAM		
	WE 2	WE 3.1	WE 3.2	WE extra	Crédito 1	Crédito 2	Crédito 3
Considerando a opção de poupança máxima	Não cumpre	Cumpr	Cumpr	Não cumpre	Cumpr	Não cumpre	Cumpr
Considerando a opção mais económica	Não cumpre	Cumpr	Não cumpre	Não cumpre	Cumpr	Não cumpre	Cumpr

## 2.11. CONCLUSÕES

Os edifícios públicos e empresariais possuem taxas de utilização por equipamento bastante superiores, o que torna o investimento mais rapidamente rentável. No entanto, a poupança em habitações familiares não deverá de todo ser desprezada e será essencial para o caso dos chuveiros e autoclismos.

O edifício de escritórios estudado apresenta-se como um caso especial uma vez que possui no seu interior um balneário que é frequentado por trabalhadores de outras instalações, o que aumenta em grande quantidade os consumos de água.

A grande dificuldade em atingir uma boa parte dos objectivos dos créditos LEED mesmo com os equipamentos mais eficientes parece transpor uma certa vontade por parte dos mentores do sistema para o incentivo a métodos alternativos, tais como a utilização de águas pluviais ou cinzentas.

Estudos como este deveriam ser aplicados a edifícios públicos tais como escolas, câmaras municipais, piscinas, hotéis ou empresas municipais como incentivo à consciencialização e na medida em que uma eventual poupança de água se pode traduzir na poupança de dinheiro.



# **Aproveitamento de Águas Pluviais**

Motivação

Sistemas de Aproveitamento de águas Pluviais no Mundo e em Portugal

Descrição e funcionamento de um sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais

Custo de um Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais

Cálculo do Volume do Reservatório

Resultados e Discussão

Conclusões





### 3. APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS

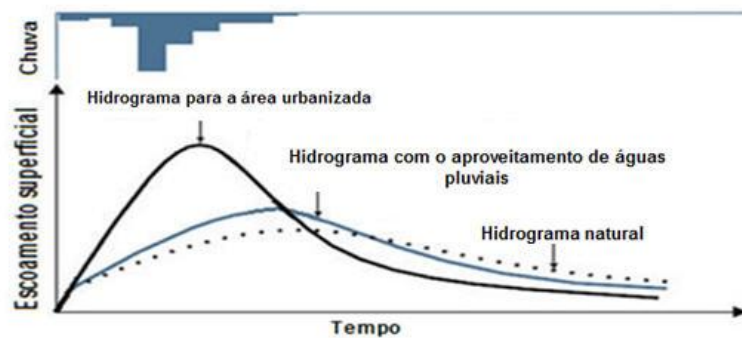
#### 3.1. MOTIVAÇÃO

Desde há muitos anos que o Homem armazena a água proveniente da chuva, seja para fins agrícolas, industriais, para produção de energia ou mesmo para abastecimento doméstico.

O que se propõe com o aproveitamento das águas pluviais é fazer esse armazenamento em pequena escala e descentralizado, possibilitando um fornecimento extra de água ou mesmo a sua totalidade, nos casos em que a sua escassez é elevada.

As vantagens de um Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais (SAAP, sigla criada na FEUP) são bastante variadas, tanto para áreas urbanizadas, fortemente impermeabilizadas, como para zonas rurais e desertificadas, e podem ser as seguintes:

- Diminuição do consumo de água potável assim como redução dos custos de fornecimento da mesma providenciando uma água, que apesar de não ser própria para consumo, é limpa o suficiente para ser utilizada em autoclismos, urinóis, máquinas de lavar roupa ou para rega;
- Redução do risco de cheias em áreas urbanas, pois permitem minimizar o escoamento superficial (Figura 3.1), retendo a água e evitando que esta se acumule em zonas onde a sua infiltração já não é possível;



**Figura 3.1- Redução no escoamento superficial para áreas urbanizadas**

United Nations Environmental Programme, [2009]

- Permite reduzir a pressão exercida nas reservas de água subterrâneas e superficiais cujas consequências ambientais são por exemplo a intrusão salina nos aquíferos, a seca dos poços, a falta de água e ainda a poluição dos cursos de água;
- Possibilita uma certa independência em relação à fonte de água principal, garantindo alguma segurança em termos de abastecimento;

- Representa um fornecimento extra de água para explorações pecuárias, principalmente em anos de seca;
- Pode providenciar uma fonte de água em zonas onde o seu abastecimento fica demasiado oneroso, como por exemplo habitações em lugares recônditos ou zonas sem acesso aos meios que os países desenvolvidos dispõem. Esta última temática é das mais discutidas no relatório elaborado pelo Instituto Ambiental de Estocolmo para o Programa Ambiental das Nações Unidas só sobre aproveitamento de águas pluviais [United Nations Environmental Programme, 2009];
- Ajuda a promover a agricultura de sustento dos países pobres assim como as outras economias a ela associadas;
- Ajuda a diminuir a erosão dos solos;
- A água da chuva é uma água macia, o que ajuda a evitar a formação de incrustações de calcário nas máquinas de lavar roupa.

Os inconvenientes que os sistemas de aproveitamento da água da chuva podem ter, em alguns casos, são o custo da instalação e a sazonalidade das precipitações.

Posto isto, e sendo evidentes as vantagens de um sistema deste género, apresentam-se agora alguns exemplos de aplicação.

### 3.2. SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS NO MUNDO E EM PORTUGAL

Apesar de ainda em número insuficiente, os SAAP têm-se multiplicado por todo o mundo, desde a mais simples vivenda ao condomínio de luxo, passando pelos grandes empreendimentos ou ainda em pequenas aldeias e zonas áridas de África.

#### 3.2.1. *Casos de implementação*

No Brasil, a Cidade do Samba, que reúne os centros de produção de carros alegóricos e fantasias das maiores escolas de samba do Brasil, existem dois reservatórios com uma capacidade de armazenagem de 740 m<sup>3</sup> de água da chuva por mês. Esta água é destinada aos sanitários, irrigação, lavagem de pisos e reserva para incêndio.

Registam-se também outros empreendimentos onde se faz o aproveitamento da água da chuva tais como o estádio João Havelange [Cosch, 2009], no Rio de Janeiro, com uma capacidade média de 953 m<sup>3</sup> de água da chuva por mês ou ainda o aeroporto Santos Dumont, com uma reserva média de 1085 m<sup>3</sup>/mês.

Outro projecto de especial interesse no Brasil, que já mereceu o reconhecimento internacional através de um prémio atribuído pela Organização das Nações Unidas (ONU), é o Programa Um Milhão de Cisternas (PIMC), que propõe como meta a construção um milhão de cisternas (Figura 3.2) no semi-árido brasileiro, beneficiando directamente mais de 5 milhões de pessoas.



**Figura 3.2- Exemplo do sistema no Brasil**

Também numa exploração hortícola de Nairobi, Kenya, a captação das águas pluviais através dos telhados das estufas contribui com 60% das necessidades de água nos 7 meses em que o rio, a principal fonte de água, seca [UNEP, 2009].

A Austrália é um país com longa tradição na reutilização da água pluvial, resultado das sucessivas secas e do aumento da procura de água. O complexo de 1.300 apartamentos Star City, localizado em Seoul, pode armazenar 3.000 m<sup>3</sup> de água em 3 tanques separados sendo que uma parte da água é utilizada em sanitas e jardins e outra é guardada para situações de emergência.

A clínica Bad Hersfeld, situada em Hussen, Alemanha, estima poupar cerca de 6180 m<sup>3</sup> de água potável anualmente, utilizando as águas pluviais nas sanitas e no sistema de refrigeração das máquinas, reaproveitando depois o calor.

Também na Alemanha, o centro comercial Alexa [Konig, 2009]), pertencente ao grupo Sonae Sierra, faz a recolha da água pluvial para utilização nos sistemas de refrigeração e combate a incêndio.



**Figura 3.3- Aplicação de um SAAP no centro comercial Alexa**

Em Portugal, Bertolo [2006] faz referência ao Empreendimento Cooperativo da “Ponte da Pedra”, em Leça do Balio (Matosinhos), que utiliza água da chuva nas suas 101 habitações para rega de jardins e abastecimento dos autoclismos.

Refere também um outro caso no Aeródromo de Castelo Branco, em que água da chuva é utilizada para descarga dos sanitários e mictórios de todos os WC's localizados nos pisos 0 e 1 do edifício de apoio.

Outra solução interessante é a que se implementou no ateliê de arquitectura do edifício Oceanos na Avenida da Boavista (Porto). Para climatizar o espaço, que apresenta grande exposição solar, optou-se por instalar um sistema de cortina de água, em que esta é bombada de um reservatório situado no terraço para o topo do telhado envidraçado, escorrendo lentamente pela caleira e voltando ao reservatório (Figura 3.4). Para além de permitir uma diminuição da temperatura no Verão em cerca de 5°C, acaba por reutilizar a água da chuva, uma vez que depois de cair no telhado, esta é canalizada para o reservatório.



**Figura 3.4- Sistema de climatização que utiliza água da chuva**

### **3.2.2. Incentivos, legislação e limitações**

No mesmo Brasil para o qual se apresentaram bons exemplos da implementação de SAAP, verifica-se que existe desde Julho de 2005 um Projecto-Lei que impõe a obrigatoriedade do aproveitamento de água pluvial. Esse projecto dita que todas as novas construções de índole comercial, industrial, residencial ou pública, localizadas em área urbana, com área construída de 1000 m<sup>2</sup> e/ou consumos superiores a 150 m<sup>3</sup>/mês, deverão aproveitar a água da chuva em quantidades compatíveis com o consumo, [Bertolo, 2006].

Em Berlim (Alemanha), existe um verdadeiro incentivo ao aproveitamento das águas pluviais. O tarifário de consumo de água e saneamento é cobrado em separado e compreende os valores de 2,181€/m<sup>3</sup> e 2,543€/m<sup>3</sup>, respectivamente [Reichmann, 2009]. Denota-se aqui uma separação entre taxar a água consumida, que pode ser substituída em parte por águas pluviais e as águas residuais, cuja produção se mantém inalterada.

Existe ainda uma outra taxa denominada “taxa de saneamento de água pluviais”, no valor de 1,84€/m<sup>2</sup>/ano. Esta taxa só é aplicada sobre a superfície impermeável, não abrangendo a área de superfície que contribui para a recolha e aproveitamento das águas pluviais.

É claramente um forte incentivo à implementação de SAAP. A título exemplificativo, um edifício com 200 m<sup>2</sup> que faça a recolha das águas poupa cerca de 436,2€ anualmente, considerando apenas a taxa de saneamento de águas pluviais.

Na legislação Portuguesa encontram-se algumas lacunas que deveriam ser colmatadas, de forma a dar um verdadeiro incentivo à utilização de SAAP.

## Aproveitamento de Águas Pluviais

A primeira tem sido talvez o maior desafio e prende-se com o Artigo 86º do Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e Águas Residuais [4], que dita que a entidade gestora do serviço de distribuição pode autorizar a utilização de água não potável exclusivamente para lavagem de pavimentos, rega, combate a incêndios e fins industriais não alimentares, desde que salvaguardadas as condições de defesa da saúde pública.

Aqui o legislador deixa de parte a possibilidade de utilização da água não potável, onde se inclui a água pluvial, nos autoclismos e urinóis. O que é uma grande incongruência, pois se é permitido a rega dos alimentos com água da chuva, parece lógico que se pudesse abastecer também os aparelhos sanitários, desde que garantidas todas as condições anteriores.

Devido a este pormenor, os Serviços Municipalizados (SMAS) reservam-se no direito de chumbar qualquer projecto para utilização da água nos sanitários, mesmo que este garanta todas as condições de segurança. Esta particularidade acaba por deitar por terra muitas vontades, pois uma das principais razões que leva um investidor a querer implementar estes sistemas é a possibilidade de poupar uma grande quantidade de água potável no seu edifício.

Por outro lado, os investimentos que consigam ser aprovados, mediante autorização dos SMAS, acabam por ter uma redução na taxa de saneamento, uma vez que está anexada à do consumo de água. Medida esta que não é sensata, pois acabam por se produzir iguais proporções de águas residuais às que se produziriam sem recolha das águas pluviais.

Enquanto esta situação não é regulamentada, programas com o PNUEA, promovido pelo Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território (MAOT), indicam claramente o aproveitamento de águas pluviais como uma opção a ter em conta. Este refere 4 medidas que mencionam esse aproveitamento em que uma, a medida 08, refere especificamente a viabilidade do uso da água nos urinóis e autoclismos.

Existe ainda um pequeno incentivo financeiro, nomeadamente no Imposto Municipal sobre Imóveis (IMI), onde se inclui o aproveitamento de águas pluviais e cinzentas na utilização de técnicas ambientalmente sustentáveis como elemento minorativo para efeitos de cálculo do coeficiente de afectação que entra na expressão de cálculo do valor tributário. Esta referência é feita na alínea o) do Artigo 43º do Capítulo IX da lei nº53-A/2006 em complemento do Artigo 43º do Capítulo VI do Decreto-Lei nº287/2003. De acordo com a fonte mencionada esse elemento minorativo terá o valor de 0,05 para o caso dos prédios urbanos destinados à habitação e 0,1 nos prédios urbanos destinados a comércio, indústria e serviços.

Assim, e apesar de se registar um ligeiro aumento destes sistemas em Portugal, falta ainda uma base legislativa e incentivos sólidos.



### 3.3. DESCRIÇÃO E FUNCIONAMENTO DE UM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS

Em Portugal não existe regulamentação para a construção e instalação de SAAP. No sentido de colmatar essa lacuna, a ANQIP lançou muito recentemente as Especificações Técnicas ANQIP, ETA0702 e ETA0701 [22]. A primeira estabelece as condições para certificação voluntária de SAAP e a segunda os critérios técnicos para a realização de sistemas de aproveitamento de água pluvial (SAAP) das coberturas de edifícios, para fins não potáveis.

Neste estudo procurou-se sempre que possível seguir as indicações da ETA0701.

De uma forma sucinta, o SAAP consiste na recolha da água da chuva, através de uma superfície, fazendo-se o seu encaminhamento através dos órgãos de condução, podendo sofrer um processo de filtragem, até um reservatório à superfície ou enterrado. Esse reservatório armazena a água até que se dê a utilização pretendida.

A Figura 3.5 procura exemplificar o funcionamento de um SAAP numa habitação, identificando as várias etapas que o integram.



**Figura 3.5- Etapas de funcionamento de um SAAP**

Adaptado de [23]

As etapas identificadas, descritas seguidamente, correspondem a:

- A- Recolha e encaminhamento da água
- B- Rejeição das primeiras águas e filtragem
- C- Armazenamento
- D- Distribuição

### 3.3.1. *Recolha e encaminhamento da água*

As superfícies dos edifícios onde normalmente é feita a recolha das águas pluviais são os telhados e terraços porque representam a maior área impermeável do terreno ocupado e a maneira mais fácil e próxima de recolher a água promovendo a menor contaminação possível.

A qualidade de água recolhida nestas superfícies depende dos materiais usados na sua construção e dos resíduos que ao longo do tempo se vão depositando, [Bertolo, 2006]. Normalmente, após longos períodos de tempo entre precipitações os telhados tendem a ficar mais sujos e por isso recomenda-se o não aproveitamento das primeiras porções de água.

A quantidade de água que se obtém dificilmente é igual à que precipita. Este facto deve-se a perdas aquando do processo de recolha, tais como a evaporação, arrastamento pelo vento, ou mesmo pequenas fugas no percurso. Define-se por isso um coeficiente de escoamento.

#### ➤ *Coeficiente de escoamento*

O coeficiente de escoamento é dado em função das características da superfície e representa o quociente entre o volume total de escoamento superficial num determinado período de tempo e o volume total precipitado nesse período.

A ETA 0701 [22] define valores para este coeficiente em função das coberturas que estão disponíveis na Tabela 3.1.

**Tabela 3.1- Coeficientes de escoamento de acordo com o tipo de cobertura**

<b>Tipo de cobertura</b>	<b>Coeficiente de escoamento</b>
Coberturas impermeáveis (telha, cimento, asfalto, etc.)	0,8
Coberturas planas com gravilha	0,6
Coberturas verdes extensivas (pouco porosas)	0,5
Coberturas verdes intensivas (muito porosas)	0,3

#### ➤ *Órgãos de condução*

Os órgãos de condução são os dispositivos que encaminham a água ao reservatório e compreendem as caleiras e os tubos de queda. Para além da água, estes dispositivos recolhem todo o tipo de detritos que acabam por contribuir para o crescimento bacteriano e para a contaminação do reservatório. Assim,



nos casos mais extremos como a existência de árvores de grande porte nas imediações recomenda-se o uso de uma pequena malha que permita filtrar os detritos mais grosseiros.

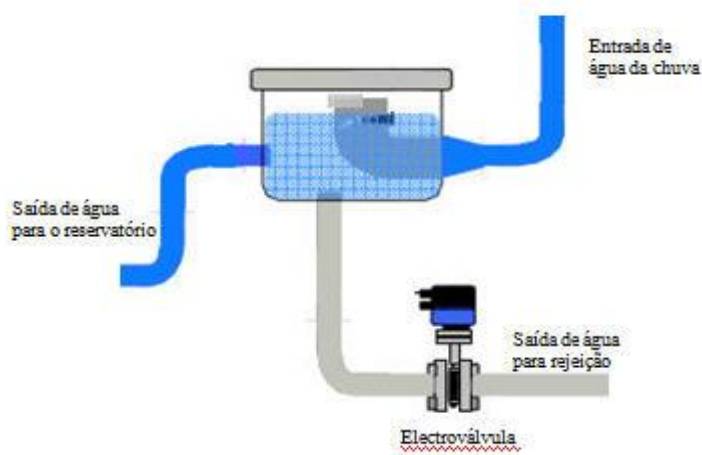
### 3.3.2. *Rejeição das primeiras águas e filtragem*

Quando decorrem grandes períodos de tempo seco aconselha-se a não se aproveitar a água da primeira chuvada “*first flush*”, pois geralmente contém uma carga muito elevada de pó acumulado e detritos que vão de folhas a dejectos de pássaro. Recomenda-se por isso o desvio, diga-se “*by-pass*”, das primeiras águas.

#### ➤ *Dispositivos de rejeição*

O desvio das primeiras águas pode ser feito através de um dispositivo de funcionamento automático accionado electronicamente ou sem recurso a qualquer comando.

A primeira opção, proposta pela empresa L.N.Águas [24], consiste na colocação de uma caixa de visita antes do reservatório e do filtro. Como se pode verificar pelo diagrama da Figura 3.6 esta caixa possui uma electroválvula na ligação ao circuito de águas pluviais. Quando começa a chover (desde que não tenha chovido nas 96 horas anteriores), esta válvula mantém-se aberta e só fecha quando decorrerem 2 a 30 minutos desde o começo da precipitação, dependendo da forma como foi regulada.



**Figura 3.6- Caixa de visita e electroválvula**

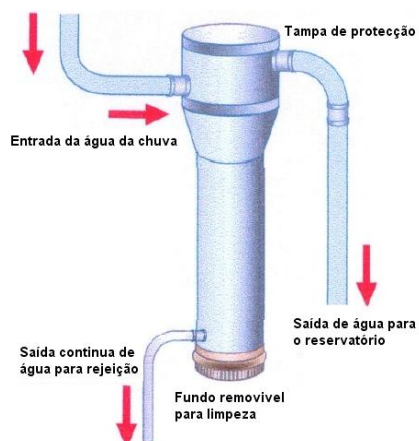
Diagrama fornecido por L.N.Águas

A válvula é accionada por um controlo automático que recebe dados de uma sonda detectora de precipitação. Quando esta fecha, a caixa começa a encher e transbordará para o circuito que conduz a água já em melhor estado de limpeza ao sistema de filtragem.

## Aproveitamento de Águas Pluviais

Para além deste sistema, Bertolo [2006] enumera outros como por exemplo o da Figura 3.7, utilizado na Austrália e que consiste num tubo vertical que se enche com as primeiras águas até transbordar para o reservatório.

A saída contínua de águas para rejeição tem um diâmetro bastante reduzido o que permite o escoamento muito lento da água, permitindo que o tubo se encha num curto espaço de tempo.



**Figura 3.7- Dispositivo de rejeição utilizado na Austrália**

Para além de desviarem as primeiras águas, estes dispositivos têm ainda a vantagem de permitir que ocorra uma primeira sedimentação das partículas.

O volume deste último tipo de dispositivo ou similar deverá ser calculado em função da área de captação da água da chuva e numa altura de precipitação pré-estabelecida. Esse volume será dado então pela equação (3.1).

$$V_d = P * A \quad (3.1)$$

Onde:

$V_d$  = Volume a desviar do sistema (L)

$P$  = Altura de precipitação (mm) admitida para o *first flush*

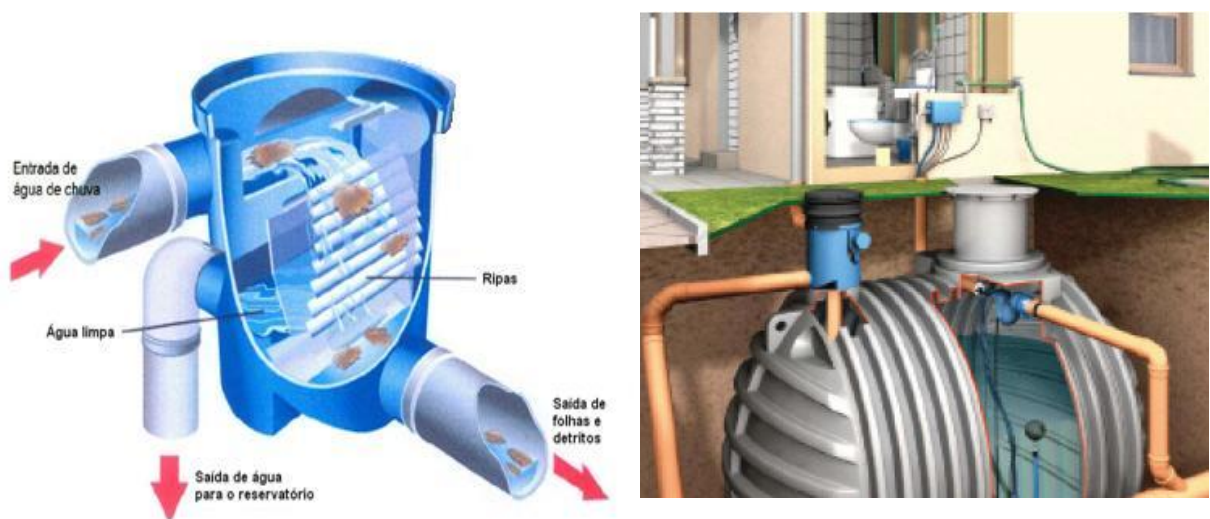
$A$  = Área de captação ( $m^2$ )

A ETA 0701 [22] recomenda o desvio de um volume correspondente a 2 mm de precipitação, no entanto, outros autores mencionados por Bertolo [2006] recomendam 1 mm de precipitação.

### ➤ Filtros

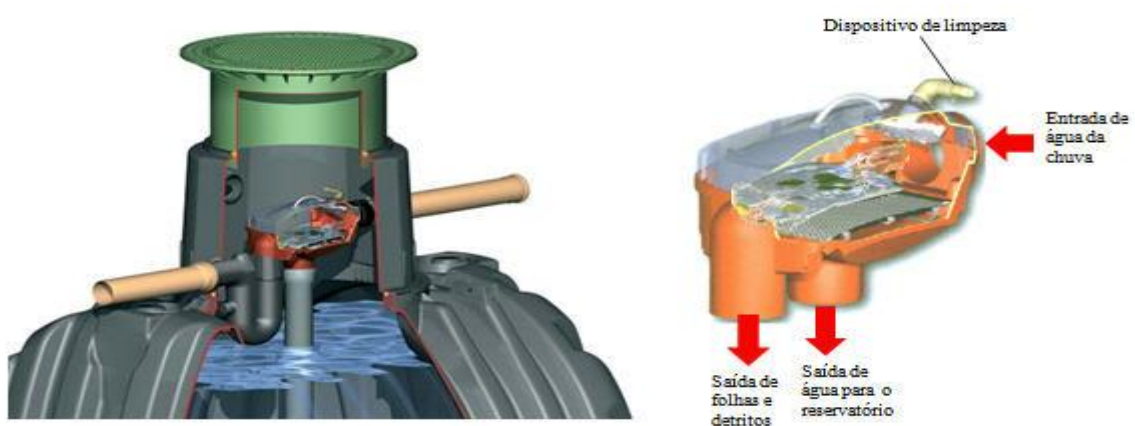
O objectivo dos filtros é remover a maior quantidade possível de sedimentos e detritos de pequenas dimensões da água antes do seu armazenamento, evitando as condições favoráveis ao desenvolvimento de microrganismos ou algas.

Existe já uma variedade grande de filtros no mercado, dimensionados para tratar volumes de água da chuva correspondentes a diferentes áreas, exigindo maior ou menor manutenção. Além disso, existem modelos que podem ser colocados no interior do reservatório ou no seu exterior. A Figura 3.8 diz respeito a um filtro exterior da 3P Technik distribuído pela empresa Ecoágua [25] e a Figura 3.9 diz respeito a um filtro interior da marca GRAF [26]. Este último possui um sistema de auto-limpeza com vista a diminuir as necessidades de manutenção.



**Figura 3.8- Filtro FGC1 da 3P Technik e sua localização**

Adaptado de Bertolo [2006] e [25]



**Figura 3.9- Filtro interno de auto-limpeza Optimax**

Adaptado de [26]

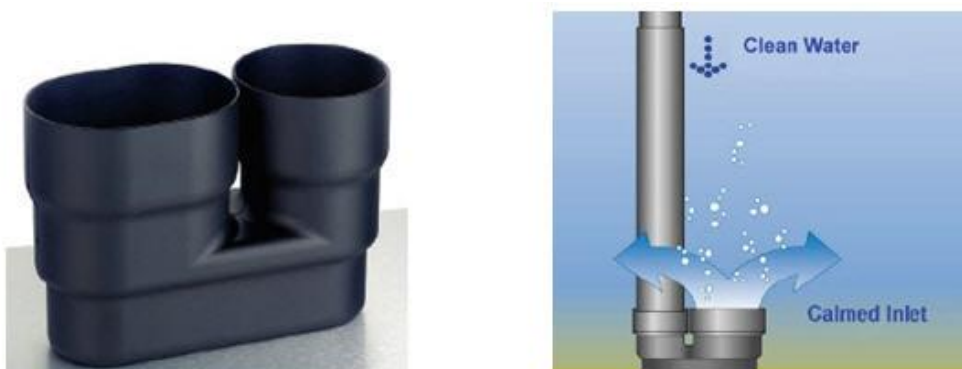
Uma vez que se perde alguma da água aquando da filtragem define-se uma eficiência de filtragem ( $\eta_f$ ), que se calcula pelo quociente entre a quantidade de água filtrada que chega à cisterna e a quantidade de água de água da chuva que chega ao filtro.

A ETA 0701 [22] admite uma eficiência de filtragem de 0,9 para filtros com manutenção e limpeza regulares a menos que as características do sistema recomendem a adopção de outro valor.

### 3.3.3. Armazenamento

#### ➤ Dispositivo anti-turbulência

Depois de filtrada, a água dá entrada no reservatório para ser armazenada através de um dispositivo anti-turbulência que permita a entrada calma no depósito, evitando que os detritos que se acumularam no fundo sejam remexidos. Ao mesmo tempo dá-se uma oxigenação da água armazenada o que afasta a possibilidade de degradação anaeróbia e contribui para a flutuação das partículas mais leves ajudando à sua limpeza. A Figura 3.10 ilustra o funcionamento de um dispositivo anti-turbulência.



**Figura 3.10 Dispositivo anti-turbulência da 3P Technik**

Adaptado de [25]

#### ➤ Sifão de *overflow*

Se a quantidade de água da chuva recebida no reservatório exceder o volume para o qual foi projectado, o que se verifica com alguma frequência e até se recomenda, dá-se o chamado “*overflow*”. A saída da água dá-se por um sifão colocado para esse efeito à altura máxima de enchimento que se pretenda para o reservatório. Para além de retirar o excesso de água permite também limpar a sua superfície de pequenas partículas leves tais como pólen, que podem dificultar a oxigenação da água. Na Figura 3.11 estão representados dois tipos de sifão, um com conector roscado apropriado para colocação na parede do tanque e o outro que permite a conexão às tubagens de abastecimento e descarga da água pluvial.



Figura 3.11- Sifão Uno e sifão Duo da 3P Technik [25]

A água retirada deve ser encaminhada para a rede de drenagem predial ou infiltrada.

➤ Dispositivo de sucção flutuante

A água contida no reservatório é aspirada conforme as solicitações para a sua utilização através do dispositivo de sucção flutuante.

Este dispositivo consiste numa bola flutuante acoplada a uma mangueira com uma entrada para aspiração e uma pequena malha filtrante na sua ponta (Figura 3.12). Antes da boca da mangueira está colocada uma válvula anti-retorno que evita a contaminação da água com óleo proveniente da bomba, por exemplo.

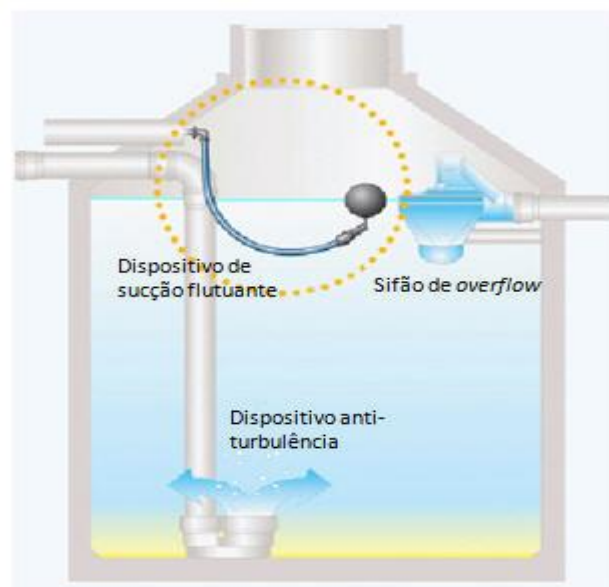
A mangueira permite que a funcionalidade do conjunto seja sempre mantida, independentemente da cisterna se encontrar cheia ou quase vazia.

A bola posiciona-se sempre no local da aspiração, cerca de 15 ou 20 cm abaixo do nível da água, o que permite que seja recolhida a água mais limpa.



Figura 3.12- Dispositivo de sucção da 3P Technik [25]

Os três dispositivos anteriormente indicados encontram-se representados na Figura 3.13, para uma melhor compreensão do funcionamento do conjunto.



**Figura 3.13- Funcionamento dos dispositivos**

Adaptado de [25]

#### ➤ Reservatório

O reservatório é um dos componentes mais importantes de um SAAP, tanto como factor de influência na qualidade da água, como peça mais dispendiosa do investimento ou como factor de optimização da água disponível versus necessidades de abastecimento.

A sua localização pode ser tanto à superfície como enterrada. No primeiro caso evitam-se custos associados com a escavação e acondicionamento do reservatório e facilita-se o acesso. No segundo, garante-se a ausência de luz e uma muito menor amplitude térmica ao longo do ano, para além de ser um local fresco, o que ajuda a evitar o desenvolvimento de bactérias e algas. Devem ter sempre os cantos arredondados para facilitar a sua limpeza.

Para além destes factores deve estar o mais perto possível do ponto de fornecimento da água e do ponto de consumo, de forma a reduzir os gastos com as tubagens e sua colocação.

Os materiais de que são feitos os reservatórios podem ser de uma enorme variedade: de betão armado, ferrocimento, pedra, plástico ou metal, tal como referido em Bertolo [2006].

No estudo da autora, e como se verá no ponto 3.4.1, verifica-se que os materiais economicamente mais competitivos são os de plástico, nomeadamente os de polietileno de alta densidade (PEAD) até volumes de 2,5 m<sup>3</sup>, inclusive, e os de betão armado, a partir deste volume. Na Figura 3.14 estão apresentados dois reservatórios de água nesses materiais.





**Figura 3.14- Reservatório de PEAD e reservatório de Betão Armado**

O volume do reservatório pode ser definido em função do custo dos materiais, da área de captação, da pluviosidade do local, dos consumos e dos custos das alternativas disponíveis.

Neste estudo utilizou-se uma ferramenta que otimiza todas estas variáveis permitindo obter o volume mais apropriado.

#### **3.3.4. *Distribuição pelo edifício***

##### **➤ Prevenção da qualidade da água**

Apesar da água da chuva não ser considerada como água potável, ela deverá garantir uma certa qualidade, de forma a que numa eventual exposição acidental com o utilizador, não represente um perigo potencial de contaminação.

No guia de melhores práticas para o uso de águas pluviais e cinzentas no edifício [Leggett et al, 2009], recomenda-se a filtragem da água para uso na máquina de lavar loiça, lavagem de carros, rega, autoclismos e urinóis. Nos casos em que não se garantam os requisitos de qualidade exigidos, deve-se optar por fazer uma desinfecção, por ultravioleta (UV) ou cloro.

Os requisitos são indicados na Tabela 3.2 e são os igualmente mencionados na ETA0701 [22], correspondentes no mínimo às normas de qualidade de água balneares, nos termos do Decreto-Lei nº 236/98 de 1 de Agosto [27].

**Tabela 3.2- Requisitos de qualidade para as águas balneares**

Parâmetros	Valor Máximo Admissível (VMA)	Valor Máximo Recomendado (VMR)
Coliformes totais /100 ml	10 000	500
Coliformes fecais /100 ml	2 000	100
Óleos Minerais	Ausência de manchas ou cheiro	Menos de 0,3 mg/l C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH
Substâncias tensioactivas (mg/l)	Ausência de espuma persistente	Menos de 0,3 mg/l
Fenóis (mg/l)	Ausência de cheiro específico	Menos de 0,005 mg/l

O controlo de qualidade da água na cisterna deverá ter uma periodicidade máxima de seis meses.

A ETA0701 [22] indica ainda que a lavagem de roupas com água da chuva só se deve dar para temperaturas, no mínimo, de 55°C.

Recomenda-se também uma inspecção semestral e uma manutenção anual aos filtros, sistema de *first flush*, caleiras, e unidade de controlo. No caso de existir desinfecção a sua inspecção deverá ser mensal. As inspecções poderão ser efectuadas pelos utilizadores, com excepção do sistema de bombagem e tratamento.

Todos os sistemas deverão ser dotados de um sistema suplementar de abastecimento, nos casos em que não haja água na cisterna ou que a mesma se encontre poluída. Esse suprimento poderá ser feito à cisterna, garantindo-se que há uma distância mínima de 30 mm entre o nível máximo possível de água e a saída do dispositivo, ou ligando directamente aos locais de consumo.

#### ➤ Instalações de bombagem

A menos que o reservatório esteja colocado a uma altura que permita a distribuição da água até ao local de consumo por gravidade, deverá ser colocado um grupo de pressão. Este inclui motor, bomba e quadro eléctrico. No caso de grandes caudais e pressões poderá ainda ser composto por um balão hidropneumático e colector de aspiração, nos casos em que sejam necessárias duas ou mais bombas. A Figura 3.15 corresponde a um grupo de pressão constituído por motor, bomba, balão hidropneumático e quadro eléctrico.





**Figura 3.15- Grupo de pressão da Wilo [28]**

Se forem usadas bombas submersíveis é aconselhável a sua colocação em zona de fácil acesso no reservatório para serem facilmente removíveis.

➤ Controlador do sistema

O SAAP pode ser todo automatizado mediante a instalação de um controlador. Este recebe informações sobre a ocorrência de chuva e o nível de água no reservatório permitindo fazer o controlo da electroválvula que regula o *first flush*, do grupo hidropressor e da entrada da água potável na cisterna.

O diagrama de funcionamento de um SAAP onde se utiliza um controlador fornecido pela L.N.Águas [24] está disponível no AnexoB.

Para além dos sistemas anteriormente descritos pode ainda ser necessária a instalação de um contador totalizador no troço de ligação da cisterna à rede predial, nos casos em que a Entidade Gestora assim o exija. Este requisito pode ser necessário para efeitos de contabilização da produção de águas residuais, pois o facto de se utilizarem águas pluviais não impede que se produzam esgotos.

### 3.4. CUSTO DE UM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS

Para qualquer potencial investidor é essencial saber quanto lhe custará o investimento. No entanto, torna-se difícil avaliar o custo típico de um SAAP, pois depende muito do tipo e características do edifício em que são aplicados.

Existem, todavia, componentes de um SAAP que se evidenciam dos restantes pelo preço, como seja o reservatório, o grupo de pressão ou o filtro. Conhecendo-se o seu preço, por estimativa ou consulta, fica-se com uma ideia bastante correcta do preço final do sistema, como se pode verificar no ponto 3.4.2.

Para além destes componentes, que correspondem ao custo do primeiro estabelecimento, devem-se também contabilizar os custos de exploração, nos quais se enquadram por exemplo os relacionados com a energia, manutenção e reparações.

### 3.4.1. Custos estimados

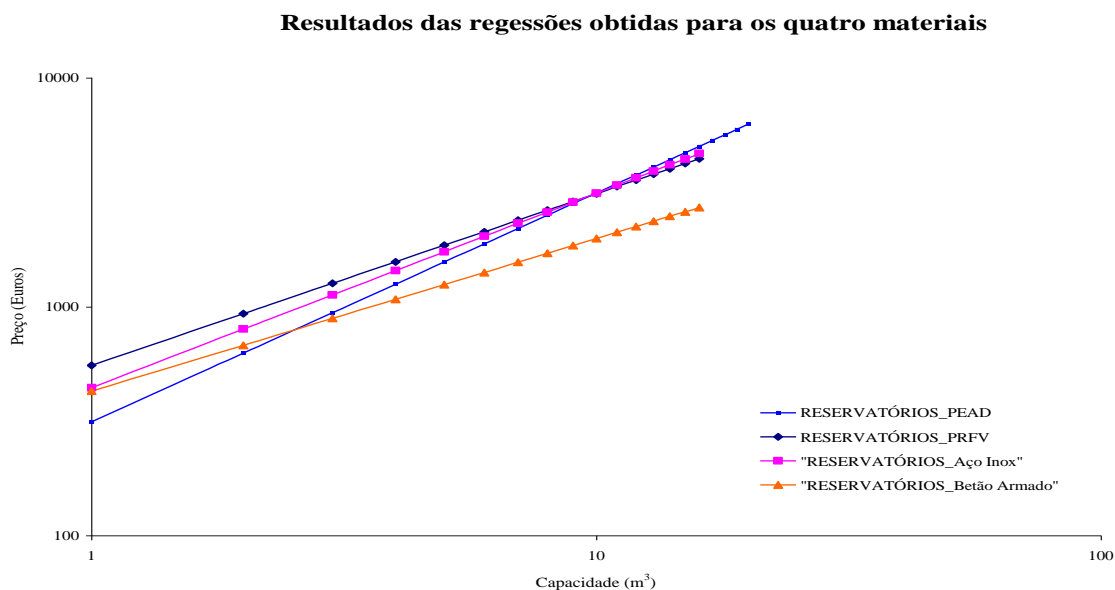
Para saber alguns dos custos, como é o caso do reservatório, estimou-se o seu custo em função do volume, para os dois materiais mais apelativos economicamente, sendo uma forma de condensar toda uma consulta efectuada e assim facilitar as operações.

Em outras situações, como custo da energia para bombagem ou manutenção nunca se pode saber os valores exactos, daí que se tenha feito também uma estimativa, tentando sempre ser o mais realista possível.

#### ➤ Reservatório

No seu estudo, Bertolo [2006] realizou diversas consultas a empresas procurando saber o custo de cada tipo de reservatório em função do seu volume, que variou de 1 m<sup>3</sup> a 16 m<sup>3</sup>. No caso específico do reservatório de betão armado tomou como referência um estudo já anteriormente realizado por Neves [2004].

Os resultados estão indicados na Figura 3.16, para os reservatórios em polietileno de alta densidade (PEAD), poliéster reforçado com fibra de vidro (PRFV), aço inox e betão armado.



**Figura 3.16 – Custo de reservatórios em função da capacidade**

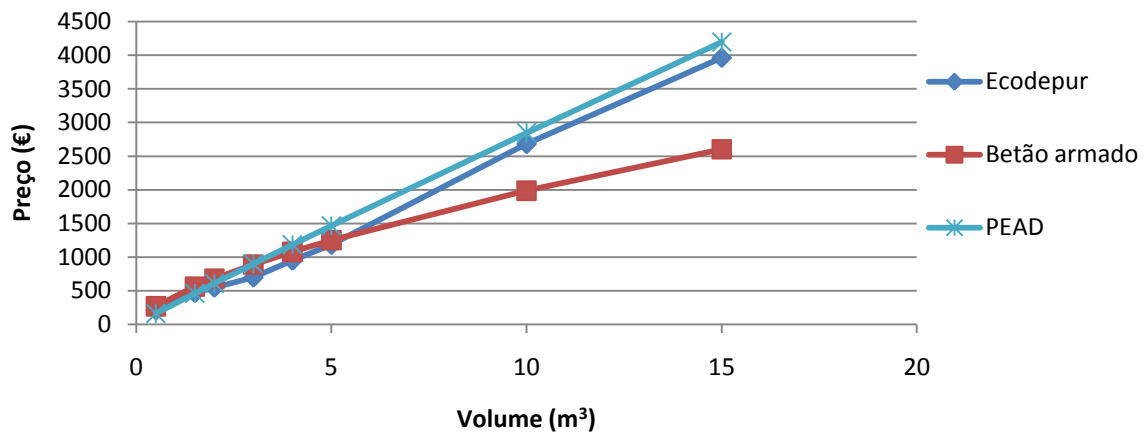
Verificou-se que até pequenas capacidades, 2,5 m<sup>3</sup>, os reservatórios em PEAD eram os mais competitivos, enquanto que a partir dos 2,5 m<sup>3</sup> até 16 m<sup>3</sup> são os de betão armado construídos *in situ* que mais acessíveis se tornam. Deve-se também referir que os valores para o reservatório de betão armado englobam a escavação e nos restantes esta não é considerada, podendo assim dizer-se que os reservatórios deste tipo são ainda mais apelativos.

Feita a escolha definiram-se através dos valores representados no gráfico as seguintes expressões para cada um dos materiais escolhidos:

$$Custo(€) = 314 \times V(m^3) \quad \text{Para o PEAD} \quad (3.2)$$

$$Custo(€) = 428 \times V^{\frac{2}{3}}(m^3) \quad \text{Para o Betão Armado} \quad (3.3)$$

Para verificar se as expressões se mantêm actuais, efectuou-se um estudo do mesmo tipo em que se consultou uma empresa que comercializa reservatórios em PEAD para armazenamento de águas pluviais (Ecodepur). Os resultados estão disponíveis na Figura 3.17.



**Figura 3.17- Custo dos reservatórios em função do volume**

Como se pode verificar, a diferença entre os custos obtidos utilizando a expressão para o PEAD e os fornecidos pela empresa são bastante semelhantes. Mais uma vez se verifica que o betão armado é mais económico para grandes volumes.

### ➤ Energia

A energia gasta na bombagem da água da chuva pode ser contabilizada através do volume bombado e da altura de elevação. Para tal utiliza-se a equação (3.4).

$$E(kWh) = \frac{\gamma \times V \times H_{man}}{3600 \times 10^3 \times \eta} \quad (3.4)$$

Em que:

$\gamma(N/m^3)$  = Peso volúmico(água) = 9800

$V(m^3)$  = Volume de água a bombado;

$H_{man}(m.c.a)$  = Altura manométrica;

$\eta$  = Eficiência do grupo de pressão = 75%;

A altura manométrica pode ser estimada através do número máximo de pisos a que a água tem de chegar, através da seguinte análise:

$$P_{min} = 10 + 4N \quad (3.5)$$

$$P_{máx} = P_{min} + 10 \quad (3.6)$$

$$P_{med} = H_{man} = \frac{P_{máx} + P_{min}}{2} \quad (3.7)$$

em que N é o número de pisos acima do solo,  $P_{min}$  é a pressão a garantir para N e  $P_{máx}$  pressupõe um diferencial de 10 m.c.a para um grupo hidropneumático.

Para se determinar o custo da energia basta multiplicar a energia em kWh pelo seu preço unitário.

Os custos com operações de manutenção devem ser estimados tendo em conta a mão-de-obra necessária e o tempo dispendido, no caso da mesma não ser feita pelo utilizador.

### **3.4.2. Custos para a habitação familiar**

Os custos de investimento para este caso de estudo foram estimados exaustivamente por Bertolo [2006] e estão disponíveis na sua totalidade no ANEXO C. Neste estudo foram consideradas três hipóteses, a hipótese 0 (sem aproveitamento de água da chuva), a hipótese I (em que o seu aproveitamento da água se faz para consumo não potável) e a hipóteseII (em que o aproveitamento se faz para consumo não potável e banhos).

Porém, como o aproveitamento de água para banhos é ainda uma opção pouco explorada, escolheu-se analisar apenas a hipótese I.

As conclusões deste estudo estão indicadas na Figura 3.18.

DESCRIÇÃO	CUSTOS TOTAIS		
	HIPÓTESE 0	HIPÓTESE I	HIPÓTESE II
<b>1. Sistema de Abastecimento de Água - Infraestruturas Interiores à Habitação</b>			
	1.996,46 €	2.628,47 €	3.144,39 €
<b>2. Drenagem da água do telhado e Reservatório em Betão Armado para o Aproveitamento da Água da Chuva</b>			
Parte A - Construção Civil	0,00 €	1.371,27 €	1.371,27 €
Parte B - Equipamento Electromecânico e Eléctrico	0,00 €	937,11 €	937,11 €
<b>Custo Total</b>	1.996,46 €	4.936,84 €	5.452,76 €
<b>Excedente no custo da solução relativamente à "Hipótese 0"</b>			
	-	2.940,37 €	3.456,29 €

**Figura 3.18- Resumo das estimativas orçamentais para os três cenários de estudo**

Como se pode verificar, o excedente do custo da implementação de um SAAP com utilização da água para fins não potáveis (autoclismo, rega e máquina de lavar loiça) é de cerca de 2.940,37€.

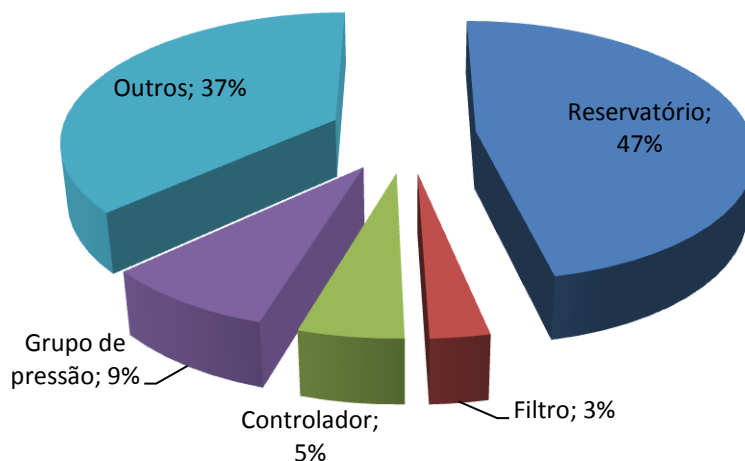
Uma das conclusões importantes que a autora tirou foi que a expressão do custo de construção *in situ* do reservatório de betão armado foi semelhante ao obtido pela equação (3.3).

O custo estimado para o reservatório escolhido (de 6 m<sup>3</sup>), correspondente à parte A (construção civil), foi de 1.371,27€, enquanto que pela expressão referida obtém-se um custo de 1413,22€.

Para complementar o estudo decidiu-se verificar a importância em termos de custo, dos principais componentes do sistema. Utilizaram-se para tal os elementos disponíveis no ANEXO C. Os resultados encontram-se na Tabela 3.3 e Figura 3.19.

**Tabela 3.3 Representação dos custos dos principais componentes**

	Total	Reservatório	Filtro	Controlador	Grupo de pressão	Outros
Custos (€)	2.940,37	1371,27	85	150	250	1084,1
Percentagem	100%	47%	3%	5%	9%	37%



**Figura 3.19- Custos estimados para os componentes**

Como se pode verificar, o reservatório é o elemento que representa maior investimento, seguindo-se o grupo de pressão, o controlador e o filtro, representando na sua totalidade cerca de 64% do investimento necessário. Nos casos de edifícios maiores a fatia correspondente deverá ser ainda superior.

Os “outros” componentes são as tubagens, válvulas e acessórios correspondentes ao abastecimento de água fria pelo SAAP e ao equipamento electromecânico e eléctrico.

Deve-se também referir que o volume usado para o reservatório ( $6 \text{ m}^3$ ) em Bertolo[2006] não foi o mesmo que se usou no presente estudo, pois um dos objectivos deste último foi defini-lo com base na competitividade económica, ( ponto 3.5).

Para a manutenção criaram-se duas situações possíveis, uma em que só existe uma casa a utilizar o SAAP e outra em que existem várias que o partilham. No primeiro caso considerou-se que o utilizador poderia fazer a manutenção. No segundo caso o condomínio paga a uma pessoa externa para o fazer.

Definiu-se apenas um custo de 15€ anuais para o primeiro cenário, para extras tais como material de limpeza e arranjos pequenos. No segundo caso estimou-se custo anual de 35€, correspondente a uma limpeza semestral de 2 horas a 5€/hora e ainda 15€ para os mesmos extras.

O custo de todos os componentes de um SAAP encontra-se resumido na Tabela 3.4.

**Tabela 3.4- Resumo dos custos para a habitação familiar**

<i>Custos anuais (€)</i>		<i>Custos de investimento inicial €)</i>				
<b>Energia</b>	<b>Manutenção</b>	<b>Reservatório</b>	<b>Grupo de pressão</b>	<b>Controlador</b>	<b>Filtro</b>	<b>Outros</b>
Definidos pela expressão: $E(kWh) = \frac{\gamma \times V \times H_{man}}{3600 \times 10^3 \times \eta}$ $\times$ $\text{€/kWh}$	15€ = 1 habitação  35€ > 1 habitação	$Custo(€) = 314 \times V(m^3)$ $Se V \leq 2,5m^3$ $Custo(€) = 428 \times V^{\frac{2}{3}}(m^3)$ $Se V > 2,5m^3$	250	150	85	1084,1

### 3.4.3. Custos para o edifício de escritórios

Para este estudo apenas foram considerados os custos dos principais componentes do sistema, referidos no ponto anterior. Esta escolha deveu-se ao facto de ser muito difícil contabilizar o que seria gasto em tubagens, válvulas e pequenas ligações, pois não se dispunham de dados concretos do projecto. No entanto, foi possível aferir que esses custos também não seriam significativos, uma vez que, segundo fonte ligada ao projecto, não foram necessárias grandes mudanças no sistema predial para possibilitar a instalação do SAAP.

Assim, o custo anual da energia para bombear a água e do reservatório foram estimados de acordo com as expressões da Tabela 3.4.

Apesar do estudo que deu origem ao cálculo do custo do reservatório em função do seu volume ter sido feito só até 16 m<sup>3</sup>, tal como descrito no ponto 3.4.1, usou-se a mesma expressão do betão armado para volumes superiores. Este facto pode resultar num ligeiro acréscimo do custo estimado, pois os reservatórios têm tendência a tornar-se proporcionalmente mais baratos à medida que o volume aumenta.

Prova desse facto é que, segundo a empresa responsável pela construção de um reservatório em betão armado *in situ* de 100 m<sup>3</sup>, o custo total terá ficado em cerca de 5452€, bem abaixo dos 9221€ obtidos pela expressão.

Os restantes componentes são seguidamente mencionados:

➤ Grupo de pressão

Para conhecer este custo foi necessário dimensionar o grupo de pressão para abastecer os autoclismos e urinóis com a água da chuva. Tive portanto de se calcular o caudal de dimensionamento e a altura manométrica.

O caudal de dimensionamento foi calculado usando os caudais instantâneos mínimos para os dispositivos de utilização definidos no Anexo IV do Decreto Lei 23/95 de 23 de Agosto [4] e tendo em conta os nº de equipamentos a abastecer.

A Tabela 3.5 indica o primeiro passo para achar o caudal de dimensionamento, que consistiu no cálculo do caudal acumulado.

**Tabela 3.5- Cálculo do caudal acumulado total**

Dispositivos	Caudais considerados l/s	Nº total de dispositivos	Caudais Acumulados l/s	Caudal acumulado total l/s
Autoclismo de bacia de retrete	0,1	101	10,1	17,45
Mictório com torneira individual	0,15	49	7,35	

O caudal acumulado total foi depois usado para obter o caudal de cálculo através do Anexo V do Decreto- Lei anteriormente referido, que deu um valor de 2,45l/s.

Este caudal multiplicou-se pelo factor de 1,2 e obtendo-se o caudal de dimensionamento de 2,94 l/s ou 10,58m<sup>3</sup>/h

A altura manométrica foi calculada de acordo com a equação (3.5), (3.6) e (3.7) dadas no ponto 3.4.1,página 80, da seguinte forma:

Considerou-se que a água sobe sete pisos mas uma vez que três são térreos o N é igual a 5.

$$P_{min} = 10 + 4N = 10 + (4 \times 5)$$

$$P_{m\acute{a}x} = P_{min} + 10 = 30 + 10$$

$$P_{m\acute{e}d} = H_{man} = \frac{P_{m\acute{a}x} + P_{min}}{2} = \frac{30 + 40}{2} = 35m. c. a$$

Com o caudal de dimensionamento e a altura manométrica procedeu-se aos pedidos de orçamento para três marcas de bomba, Wilo [28], Lowara [29] e Speroni, sendo esta última distribuída pela empresa Loba-Equipamentos hidráulicos.

Note-se que o orçamento foi dado não só para a bomba para todo o grupo de pressão, que incluía 2 bombas de velocidade fixa (a opção mais segura) e respectivos motores, um quadro eléctrico, um balão hidropneumático e um colector de aspiração. Um dos sistemas propostos foi o da Figura 3.20.





**Figura 3.20- Grupo de pressão Wilo**

Os preços para as três marcas contactadas encontram-se disponíveis na Tabela 3.6.

**Tabela 3.6- Preços para os grupos de pressão**

	<b>Wilo</b>	<b>Lowara</b>	<b>Speroni</b>
Preço (€)	3802	3610	2843

Como se pode verificar, apesar dos equipamentos semelhantes, a escolha da marca influencia e muito o preço do grupo de pressão. Optou-se por escolher a marca Speroni por ser a mais acessível.

➤ **Controlador**

O controlador escolhido foi o fabricado pela L.N.Águas especificamente para o aproveitamento de águas pluviais e o seu preço é de 2.160€.

➤ **Filtro**

O filtro escolhido foi o único que permite, usando apenas um equipamento, a filtragem da área correspondente à superfície de recolha do edifício de escritório, que corresponde a 2090m<sup>2</sup>, tal como descrito no ponto 2.3. Trata-se do filtro VF6 da 3PTechnik distribuído pela Ecoágua [25], que tem uma capacidade hidráulica para áreas de cobertura até 2350 m<sup>2</sup> e cujo funcionamento se encontra esquematizado na Figura 3.21.



**Figura 3.21- Filtro industrial da 3P Technik e seu funcionamento**

O custo deste filtro é de 3900€.

➤ Manutenção

Considerou-se uma manutenção de 1 hora mensal para colocação de hipoclorito de sódio e verificação do estado de limpeza do reservatório e filtros e uma limpeza semestral obrigatória de 5h. Tendo em conta o custo de mão-de-obra de 5€/hora atinge-se um custo anual de  $(1h \cdot 5€/h \cdot 12) + (5h \cdot 5€/h \cdot 2) = 110 \text{ €}$ . A estes somaram-se ainda 50€ para gastos extra tais como produtos de desinfecção e possíveis arranjos, perfazendo um total anual de 160€.

➤ Outros

Definiu-se ainda um valor de 1000€ para materiais diversos, tais como o dispositivo anti-turbulência, válvulas anti-retorno, conjunto de aspiração flutuante e tubagens.

Não se teve em conta nenhum sistema de *firstflush* pois considerou-se que uma simples ligação ao esgoto com uma electroválvula accionada pelo controlador seria o suficiente para permitir a separação das primeiras águas.

A totalidade dos custos encontra-se na Tabela 3.7.

**Tabela 3.7- Resumo dos custos para o edifício de escritórios**

Custos anuais (€)		Custos de investimento inicial (€)				
Energia	Manutenção	Reservatório	Grupo de pressão	Controlador	Filtro	Outros
Definidos pela expressão:  $E(kWh) = \frac{\gamma \times V \times H_{man}}{3600 \times 10^3 \times \eta}$ $\times$ $\text{€/kWh}$	160	$Custo(€) = 314 \times V(m^3)$ $Se V \leq 2,5m^3$ $Custo(€) = 428 \times V^{\frac{2}{3}}(m^3)$ $Se V > 2,5m^3$	2843	2160	3900	1000

### 3.5. CÁLCULO DO VOLUME DO RESERVATÓRIO

Estimados os custos de um SAAP passou-se para o principal objectivo deste segundo estudo, que seria definir um volume que compatibilizasse a maior recolha de água possível sem perda de competitividade do sistema, uma vez que o reservatório é a componente mais cara do mesmo e o seu preço aumenta com o volume.

A competitividade anteriormente definida consegue-se pela poupança de água potável, que se traduz num benefício económico. Porém, existe um ponto a partir do qual já não compensa aumentar mais o reservatório, pois o aumento menos acentuado da quantidade de água recolhida já não compensa o acréscimo do investimento.

É também necessário garantir que a água recolhida é efectivamente consumida, sob pena de se estar a recolher água para em seguida a voltar a descarregar na rede. Têm portanto de se considerar os consumos para o caso de estudo.

Podem ainda existir locais com pluviosidade tão reduzida, tanto a nível de duração como de frequência, que economicamente não compense aproveitar a água pluvial. No entanto, devem-se sempre ter em conta os benefícios ambientais.

#### 3.5.1. Métodos existentes para o cálculo do volume

Existem alguns métodos indicados pela ETA 0701 [22] para o cálculo do volume do reservatório, tais como o Método Simplificado Alemão ou Método Espanhol, que são seguidamente descritos:

##### Método Simplificado Alemão

Este método é baseado no volume anual aproveitável ( $V_a$ ) e nos consumos anuais estimados ( $C_e$ ).

O volume útil do reservatório corresponde ao menor dos valores anteriores, multiplicado pelo factor 0,06.

$$V_u(L) = \text{Min} \{V_a \text{ ou } C_e\} \times 0,06 \quad (3.8)$$

O  $V_a$  é calculado pela expressão (3.9).

$$V_a(L) = C \times P \times A \times \eta_f \quad (3.9)$$

Sendo:

C = Coeficiente de escoamento da cobertura

P = Precipitação média acumulada anual (mm)

A = Área de captação ( $\text{m}^2$ )

$\eta_f$  = Eficiência hidráulica da filtragem

A aplicação do factor de multiplicação de 0,06 prende-se com a admissão de um período de reserva da água no reservatório de 3 semanas.

$$\frac{3\text{semanas} \times 7 \text{ dias}}{365} \approx 0,06$$

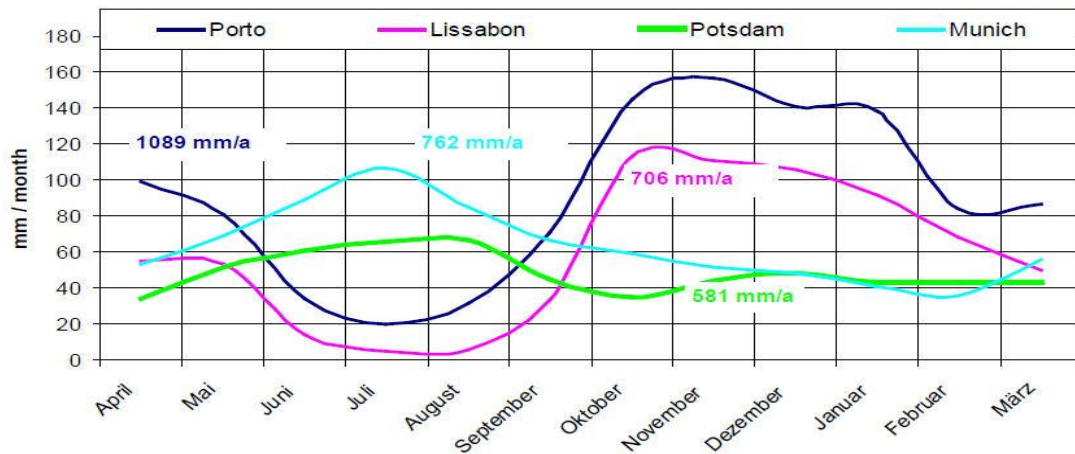
Ou seja, define-se que o volume anual aproveitável é todo captado e distribuído uniformemente ao longo do ano por três semanas.

### Método Espanhol

Baseado no anterior, este método considera um período de reserva de 30 dias e um valor médio.

$$V_u = \frac{(V_a + C_e)}{2} \times \frac{30}{365} \quad (3.10)$$

Como se poderá verificar pela Figura 3.22, as precipitações em Portugal são bastante variáveis ao longo do ano, em comparação com a Alemanha, país de onde são originários estes métodos.



**Figura 3.22- Distribuição da precipitação em duas cidades portuguesas e duas alemãs**

Nolde [2009]

Ao levarem em conta a precipitação acumulada anual estes métodos são bastante grosseiros, pois contabilizam todos os eventos em que chove muito quando na realidade uma boa parte dessa água nunca é aproveitada, diga-se consumida. O que pode acontecer é o volume do reservatório ficar maior do que seria preciso, que se reflecte directamente nos custos do SAAP.

### 3.5.2. Método escolhido

O método usado neste estudo é o também referido pela ETA 0701 [22], desenvolvido por Neves [2003] e citado por Bertolo [2006], que consiste na utilização das precipitações diárias registadas na zona de estudo durante um determinado período de tempo, geralmente de 10 anos.

Essa é a grande vantagem, pois ao analisar as precipitações ocorridas diariamente, permite fazer um tratamento real dos dados, sem analisar as variações sazonais de precipitação e a chuva que não é recolhida.

Poder-se-á alegar que os valores são de precipitações que já se deram e nada garante que se venham a repetir da mesma forma. No entanto, ao se considerar um período de tempo dos últimos 10 anos ou superior, estão-se já a incluir anos muito secos, secos, médios, húmidos e muito húmidos.

Seguidamente faz-se a descrição das várias etapas deste método, definindo-se para tal um exemplo de cálculo.

#### i. Consumos diários (L/dia)

É necessário uma ideia dos consumos diários esperados. Para este estudo a estimativa foi simples, pois esse valor já tinha sido calculado no estudo anterior para os equipamentos em questão.

## Aproveitamento de Águas Pluviais

Existem casos em que os consumos diminuem em certos dias, como por exemplo aos fins-de-semana. Esses casos devem ser sempre tidos em conta.

Dia	Consumo diário calculado (L)
1	8332
2	8332
3	8332

### ii. Precipitação diária (mm)

Tal como se verifica pela Figura 3.23, existem várias estações meteorológicas espalhadas pelo país que fornecem dados de precipitações diárias dos últimos 10 anos. Estes dados são postos à disposição do utilizador no Serviço Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH) [30].

Dia	Consumo diário calculado (L)	Precipitação diária (mm)
1	8332	6
2	8332	41
3	8332	0

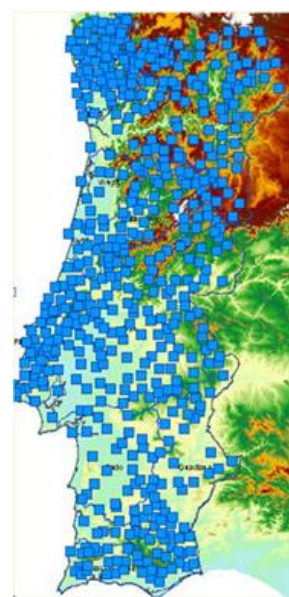


Figura 3.23- Estações meteorológicas

### iii. Precipitação menos o *firstflush* (mm)

À precipitação obtida é necessário retirar 1 mm correspondente ao desvio das águas de limpeza do telhado. Se o SAAP tiver incorporado um controlador, a electroválvula só será accionada e aberta quando estiver mais de 96 horas sem chover. Caso contrário será sempre desviado o volume correspondente a 1 mm de precipitação, mesmo em casos em que chove em dias seguidos.

Dia	Consumo diário calculado (L)	Precipitação diária (mm)	Precipitação menos <i>first flush</i> (mm)
1	8332	6	5
2	8332	41	41
3	8332	0	0

Neste caso teve-se em conta a existência de um controlador, por isso o desvio do *first flush* só se deu no 1º dia.

iv. Volume diário útil

Corresponde ao volume possível de recolha resultante de precipitação menos o *first flush*. Este volume pode ser calculado através da equação (3.9) definida no ponto 3.5.1.

$$V_u(L) = C \times P \times A \times \eta_f$$

Considerando um edifício com as seguintes características:

A= Área de captação (m <sup>2</sup> )	1500
C = Coeficiente de escoamento	0,85
$\eta_f$ = Eficiência na filtragem	0,9
<i>Firstflush</i> (mm)	1

Dia	Consumo diário calculado (L)	Precipitação diária (mm)	Precipitação menos <i>first flush</i> (mm)	Volume diário útil (com <i>first flush</i> ) (L)
1	8332	6	5	5508
2	8332	41	41	46474
3	8332	0	0	0

v. Volume diário disponível

O volume diário disponível tem em conta as dimensões do tanque. Se o volume diário útil for superior ao volume do tanque este transbordará e portanto o excesso de água não será aproveitado.

Para este exemplo escolheu-se um volume de 10000 L.

Dia	Consumo diário calculado (L)	Precipitação diária (mm)	Precipitação menos <i>first flush</i> (mm)	Volume diário útil (com <i>first flush</i> ) (L)	Volume diário disponível (L)
1	8332	6	5	5508	5508
2	8332	41	41	46474	10000
3	8332	0	0	0	0

No dia 2 como o volume de água útil foi superior ao do reservatório só pode ser aproveitado no máximo o volume do reservatório.

## Aproveitamento de Águas Pluviais

### vi. Volume de água da chuva consumida

Neste tipo de simulação decidiu-se que o volume de água da chuva que se gasta em cada dia não depende da precipitação do próprio dia mas sim da água armazenada até à data (volume no reservatório).

Dia	Consumo diário calculado (L)	Precipitação diária (mm)	Precipitação menos <i>firstflush</i> (mm)	Volume diário útil (com <i>firstflush</i> ) (L)	Volume diário disponível (L)	Volume de água da chuva consumida (L)	Volume no reservatório (L)
						0	0
1	8332	6	5	5508	5508	0	5508
2	8332	41	41	46474	10000	5508	10000
3	8332	0	0	0	0	8332	1668

No dia 1 não é gasta qualquer água da chuva porque o reservatório estava vazio ao início do dia.

No dia 2, como o reservatório já continha 5508L de água, consumiu-se a sua totalidade, uma vez que os consumos diários são de 8332L.

No dia 3 as necessidades de consumo foram completamente satisfeitas.

### vii. Volume no reservatório

O volume do reservatório é o volume de água retida para o dia seguinte, que corresponde ao volume que sobrou do dia anterior a somar ao volume diário útil (com *firstflush*) formado menos o que foi consumido nesse dia. Note-se que este volume está também limitado pelas dimensões do reservatório.

Dia	Consumo diário calculado (L)	Precipitação diária (mm)	Precipitação menos <i>firstflush</i> (mm)	Volume diário útil (com <i>firstflush</i> ) (L)	Volume diário disponível (L)	Volume de água da chuva consumida (L)	Volume no reservatório (L)
						0	0
1	8332	6	5	5508	5508	0	5508
2	8332	41	41	46474	10000	5508	10000
3	8332	0	0	0	0	8332	1668

Como se pode verificar, no dia 2 o volume diário útil é excessivo para o reservatório considerado, enchendo-o por completo até aos 10000 L.

A partir deste cálculo principal podem-se então adicionar sucessivas precipitações registadas para o número de dias em análise. A ferramenta mais apropriada para realizar esta tarefa é o Microsoft Excel.

Por fim somam-se todos valores obtidos em cada parâmetro o que permite determinar facilmente, para um período de tempo e volume de reservatório escolhidos, os seguintes dados:



a) Volume total de água da chuva consumida

$$\text{Volume total de água da chuva consumida} = \sum \text{Volume de água da chuva consumida}$$

Este dado permite saber quanta água potável é que se poupou com a utilização do SAAP, permitindo que o valor obtido se possa traduzir também em benefício económico, bastando para tal levar em conta a tarifa da água, já revista no ponto 2.5.1.

b) Grau de aproveitamento

$$\text{Grau de aproveitamento} = \frac{\text{Volume total de água da chuva consumida}}{\text{Volume correspondente à precipitação total}}$$

Este parâmetro dá uma indicação sobre a água da chuva que é efectivamente aproveitada com o sistema.

c) Redução de água potável nos consumos

$$\text{Redução de água potável nos consumos} = \frac{\text{Volume total de água da chuva consumida}}{\text{Volume total consumido pelos equipamentos}}$$

Ao calcular este parâmetro fica-se a saber que porção de água potável foi substituída por água da chuva, nos equipamentos em questão.

### **3.5.3. Considerações sobre a análise económica**

Procedeu-se então a uma análise económica semelhante à do ponto 2.7.2, em que se considerou como i o investimento de aquisição no SAAP (ponto 3.4), B como o benefício anual da poupança de água potável tendo em conta a tarifa (ponto 2.5.1) e o volume total de água consumida. Ainda se consideraram os gastos anuais da energia para bombagem e com a manutenção.

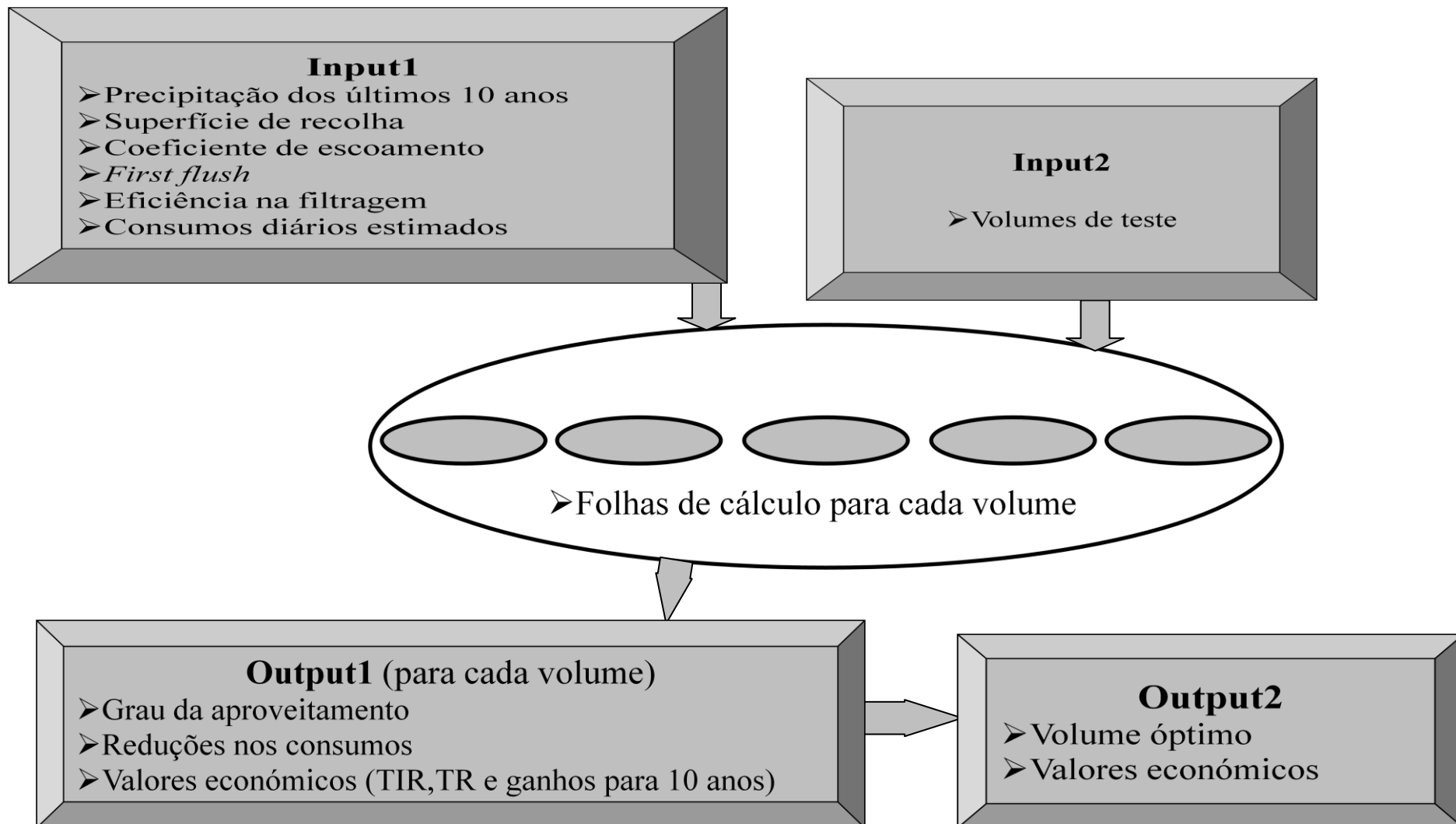
### **3.5.4. Ferramenta de cálculo**

A ferramenta foi criada, à semelhança do ponto 2.8, para otimizar todos os procedimentos anteriores, permitindo uma adaptabilidade a qualquer situação.

Esta adaptabilidade provém do facto de se poderem analisar precipitações distintas em diferentes localizações geográficas, com consumos e superfícies de recolha variáveis.

## Aproveitamento de Águas Pluviais

Para além disso, permite testar diferentes volumes e escolher o que possibilita a melhor relação custo/benefício, através da análise económica incorporada. O diagrama seguinte permite uma melhor compreensão do funcionamento da ferramenta.



### 3.5.5. Aplicação aos casos de estudo

Para além de se aplicar a ferramenta aos casos de estudo da habitação familiar e edifício de escritórios, considerou-se também a sua localização no Porto e Faro, numa situação económica favorável e desfavorável.

Os dados de precipitação do Porto correspondem às precipitações diárias ocorridas entre 01 de Outubro de 1994 e 30 de Setembro de 2004, registadas pelo posto udométrico da Serra do Pilar.

Faro não possui um posto udométrico, por isso consideram-se as três localizações mais próximas com posto, Loulé (19,7 km), Quelfes (14,4 km) e Estói (11,1 km). Verificou-se que a precipitação total ocorrida nestes locais, entre 01 de Outubro e 30 de Setembro e 2004, foi bastante semelhante (Tabela 3.8). Posto isto, optou-se por tomar como referência a precipitação de Estói, por ser a mais próxima e porque nada aponta que houvesse uma mudança brusca do clima entre esta estação e Faro.

**Tabela 3.8- Precipitação total ocorrida**

Local	Precipitação (mm)
Estói	6372
Loulé	6754
Quelfes	6012
Porto	14072

#### A) Habitação familiar

A água da chuva é recolhida por uma superfície de cerca de 117 m<sup>2</sup> e conduzida pelas caleiras e tubos e tubos de queda até um reservatório de auto-limpeza com uma capacidade de 117 L, considerando-se sempre um desvio de 1 mm de precipitação.

Nos tubos de queda considerou-se um filtro do tipo “3P Rainus” da “3P Technik”, que apresenta um eficiência de filtragem de 0,9.



**Figura 3.24- Filtro 3P Rainus**

De acordo com a Tabela 3.1(página 70), e uma vez que a superfície de recolha era de telha, escolheu-se um coeficiente de escoamento de 0,8.

Os parâmetros anteriores encontram-se resumidos na Tabela 3.9.

**Tabela 3.9- Características da habitação e SAAP**

Superfície de recolha (m <sup>2</sup> )	117
<i>First flush (mm)</i>	1
Coeficiente de escoamento	0,8
Eficiência na filtragem	0,9

A água da chuva é utilizada nos autoclismos, máquina de lavar roupa e em outros consumos (rega e lavagem do chão e viaturas).

Consideraram-se dois consumos, o base, em que não se havia instalado qualquer equipamento de poupança, e outro em que já havia essa preocupação, através da utilização de autoclismos dual e máquina de lavar roupa eficiente, definidos no ponto 2.6.

Os consumos desses equipamentos estão disponíveis na Tabela 3.10.

**Tabela 3.10- Consumos considerados para a habitação familiar**

	<b>Sem poupança</b>	<b>Autoclismos dual + máquina de lavar roupa eficiente</b>
Consumos (l/dia)	195	137

Esses consumos foram contabilizados mesmo para os fins-de-semana, pois por norma a habitação continua ocupada.

De acordo com a ETA 0701 [22], definiu-se que o reservatório deveria ser descarregado uma vez por mês para garantir que a água não se encontra mais do que um mês no reservatório, com a possível perda de qualidade.

Apesar do caso de estudo ser uma vivenda, considerou-se também a possibilidade de ser um prédio com vários andares, em que a área se mantém mas os consumos aumentam proporcionalmente. Outra possibilidade seria ligar várias casas iguais ao mesmo SAAP e este servir para os seus consumos.

A água seria encaminhada dos vários telhados pelas respectivas caleiras e concentrada numa só tubagem, em seguida esta passa por um filtro e é canalizada para um reservatório comum. O sistema de bombagem também seria comum e teria que bombear para todas as casas.

## B) Edifício de escritórios

O edifício de escritórios tem uma área de captação de cerca de 2090m<sup>2</sup>, composta por uma superfície muito impermeável de lajetas de betão. Devido a este facto considerou-se um coeficiente de escoamento de 0,9.

Depois da precipitação de 1mm correspondente ao *firstflush* ser desviada, a água é conduzida pelos tubos de queda ao filtro da Figura 3.21, na página 88, que apresenta uma eficiência de filtragem de 0,9.

Estes dados encontram-se na Tabela 3.11.

**Tabela 3.11- Características do edifício e SAAP**

Superfície de recolha (m <sup>2</sup> )	2090
<i>Firstflush</i>	1
Coefficiente de escoamento	0,9
Eficiência de filtragem	0,9

Neste caso a água da chuva é utilizada nos autoclismos e urinóis. Decidiu-se tomar como referência o consumo base e os consumos com os equipamentos de poupança. Dentro dos equipamentos de poupança considerou-se a opção que permite a maior redução (autoclismos *dual* e urinol sem água) e a que permite a redução mais económica (Autoclismos *dual* e urinol pneumático), como consta na Tabela 2.29.

Esses consumos estão disponíveis na Tabela 3.12.

**Tabela 3.12- Consumos considerados para o edifício de escritórios**

	Sem poupança	Autoclismo <i>dual</i> + urinol pneumático	Autoclismo <i>dual</i> + urinol sem água
Consumos (L/dia)	11697	7181	6040

Os consumos aos fins-de-semana são nulos uma vez que o edifício é de escritórios e encerra neste período.

## 3.6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Depois de definidos os parâmetros fixos, procedeu-se aos testes para vários volumes, obtendo-se os resultados que a seguir se mencionam.

Só se consideraram volumes a partir de 1 m<sup>3</sup>, uma vez que para valores menores a água recolhida seria rapidamente gasta.

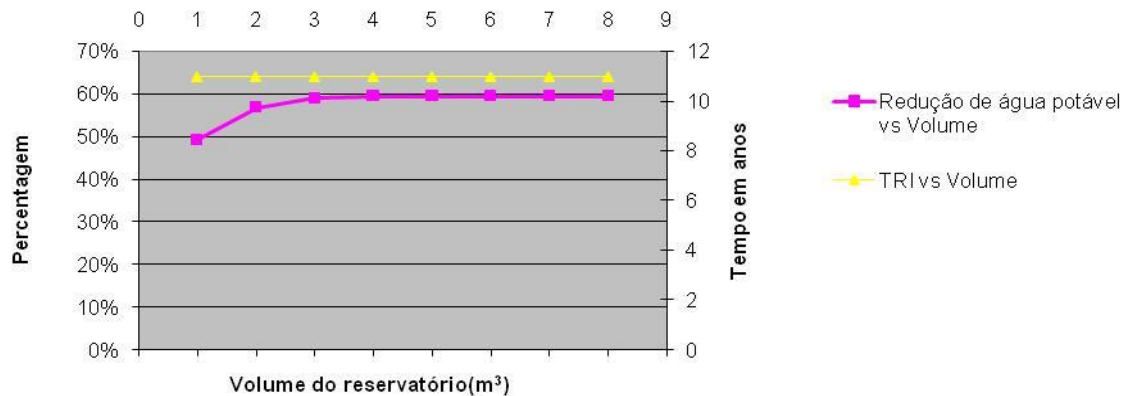
Como é comum neste tipo de análise optou-se por apresentar os dados relativos à situação económica mais desfavorável.

### 3.6.1. Reduções e Viabilidade económica

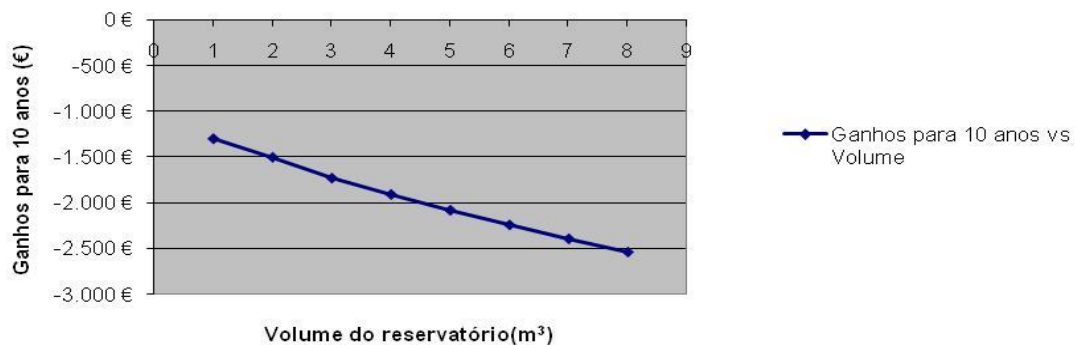
#### A) Habitação familiar

##### Porto

Considerando o consumo base de 195 L/dia obtiveram-se os seguintes resultados:



**Figura 3.25- Reduções e tempos de retorno do investimento em função do volume do reservatório**



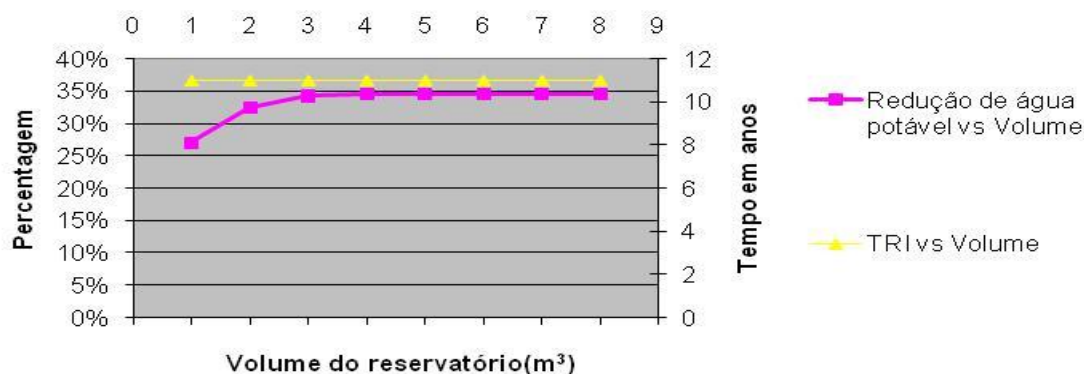
**Figura 3.26- Ganhos ao fim de 10 anos em função do volume do reservatório**

Analisando as figuras anteriores verifica-se que com o SAAP, apesar de se conseguirem reduções no consumo de água potável até 60%, não se consegue o mínimo de retorno.

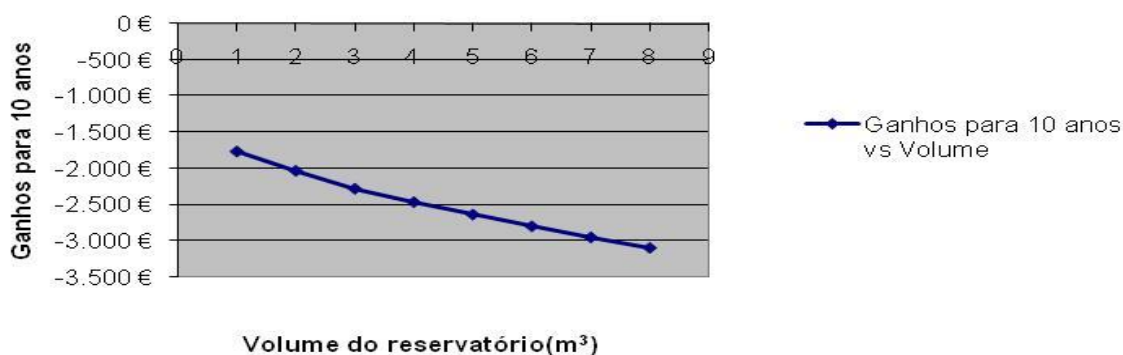
Acresce que o aumento do volume do reservatório acima dos 4 m³ não consegue fazer com que se poupe mais água, o que torna o benefício associado à poupança constante, contrariado pelo aumento dos custos do reservatório. É esse fenómeno que faz com o défice no investimento não diminua à medida que o volume do reservatório aumenta.

### Faro

Veja-se agora o caso de Faro, na Figura 3.27 e 3.28.



**Figura 3.27- Reduções e tempos de retorno do investimento em função do volume do reservatório (Faro)**



**Figura 3.28- Ganhos ao final de 10 anos em função do volume do reservatório**

A redução de água potável é neste caso bastante inferior e deve-se ao facto de chover bastante menos vezes nesta região de Portugal. A título de exemplo, entre 1994 e 2004, choveu em 827 dias num total de 6371 mm, em Faro, enquanto que no Porto choveu em 1540 dias num total de 14072 mm.

Como se poderá verificar pela Figura 3.28, os ganhos ao final de 10 anos traduzem-se em défices ainda maiores do que no caso do Porto, o que se justifica também pelo menor valor da tarifa de consumo de água.

Dado que não havia ganhos em 10 anos para o caso de consumos de 195 L/dia, não houve necessariamente ganhos para os consumos com equipamentos de poupança.

Os resultados desta e da análise anterior estão disponíveis no ANEXOC.



## B) Várias habitações

Porto

Por cada habitação que se soma, a área de captação aumenta  $117 \text{ m}^2$  bem como o consumo em  $182 \text{ L/dia}$ , isto se se considerar o consumo base. Assim, e dado que os restantes parâmetros de entrada não se alteram, a quantidade de água poupada será maior.

A Figura 3.29 representa os ganhos conseguidos e o correspondente volume óptimo em função do nº de habitações. O volume óptimo corresponde ao volume que permite um maior ganho ao final de 10 anos estando associado também à TIR mais alta e ao menor TRI.

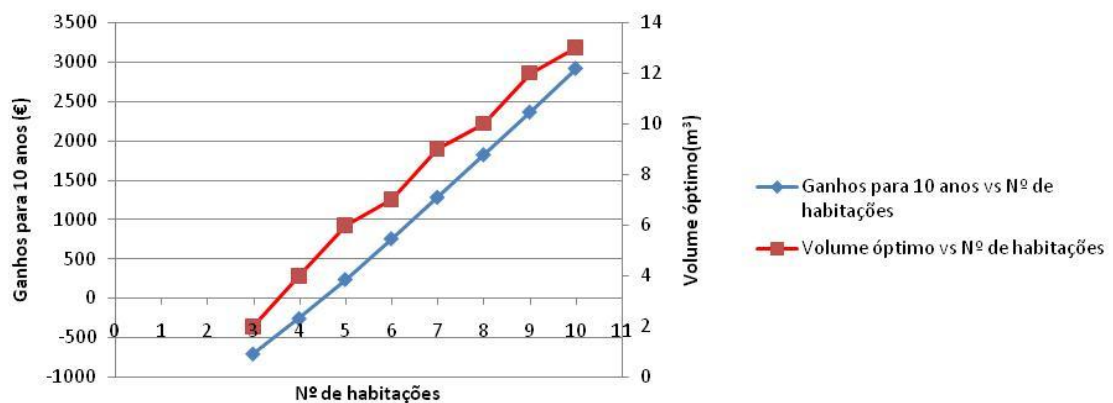


Figura 3.29- Ganhos para 10 anos e volume óptimo em função do nº de habitações

Verificou-se que o nº de habitações a partir do qual o investimento se torna rentável ao final de 10 anos é de 5, para o qual se obteve o seguinte:

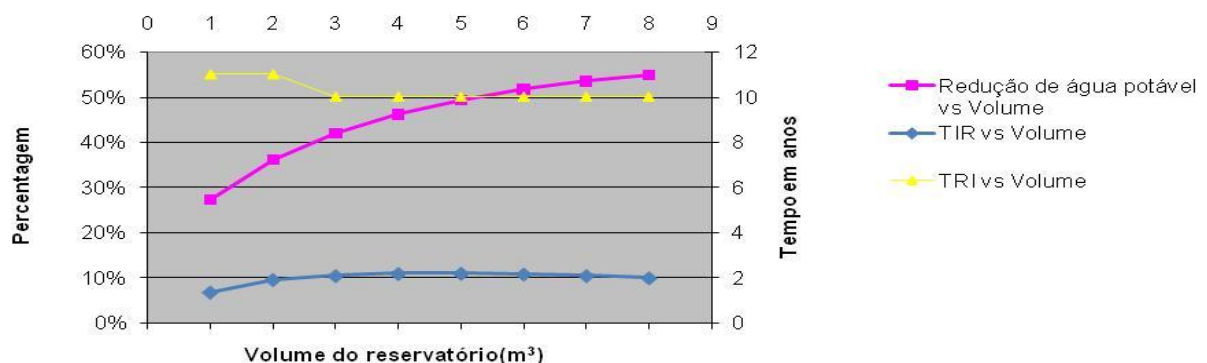
Porto (5 habitações)

Figura 3.30- Reduções e tempos de retorno do investimento em função do volume do reservatório

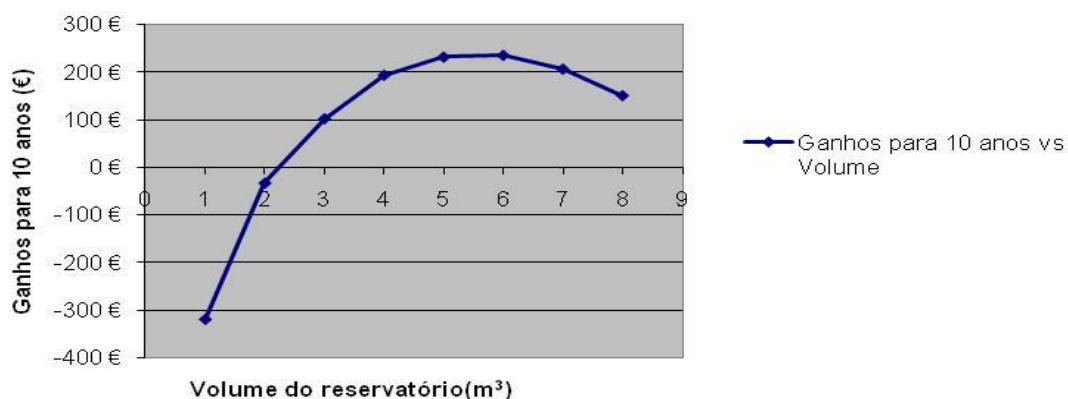


Figura 3.31 - Ganhos ao final de 10 anos em função do volume do reservatório

Como se pode verificar pelas Figuras 3.30 e 3.31, o volume óptimo, que neste caso era de 6 m³, dá-se quando a redução no consumo de água tende a estabilizar, isto porque a poupança económica com a água que se consegue recolher já não compensa o aumento do volume do reservatório.

Como se pode notar, a capacidade influencia em muito os retornos que se podem obter.

Para este caso deve-se considerar que apesar de o nº de habitações aumentar, não foi acrescentado qualquer custo ao SAAP, o que na realidade poderá não se verificar, pois podem ser necessários alguns investimentos extra.

### FARO

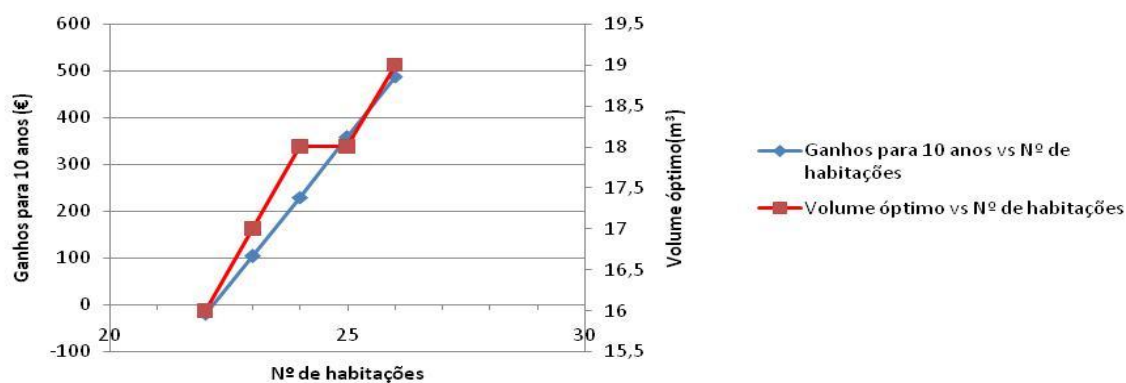


Figura 3.32- Ganhos para 10 anos e volume óptimo em função do nº de habitações

De acordo com a Figura 3.32 o investimento só tem retorno no caso de se considerarem 23 habitações, verificando-se mais uma vez a grande diferença entre investir num SAAP no Porto ou em Faro, com muita e pouca pluviosidade, respectivamente.

Os resultados para o Porto (5 habitações) e faro (23 habitações) estão disponíveis no ANEXO C.

## C) Vários andares

Porto

Este caso pode ser a imagem de um prédio com uma área de telhado relativamente pequena ( $117 \text{ m}^2$ ), em que se fez o estudo de viabilidade económica em função do aumento do nº de habitações (apartamentos).

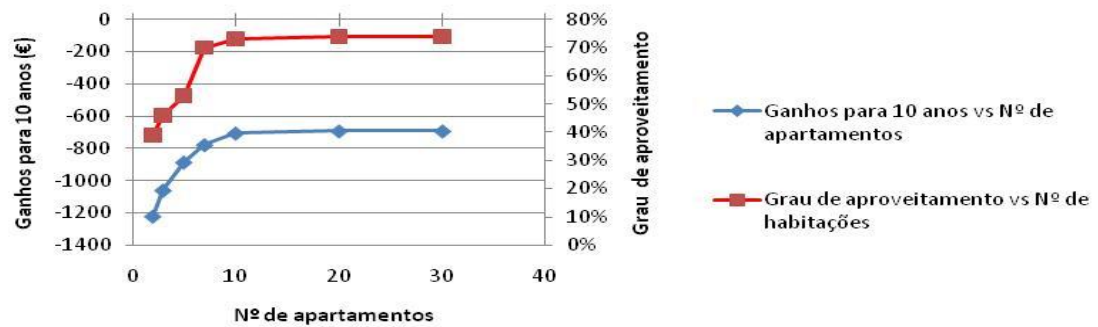


Figura 3.33- Ganhos para 10 anos e grau de aproveitamento em função do nº de habitações

Como se pode verificar pela Figura 3.33, o défice para cada volume óptimo não se reduz mais a partir dos 10 apartamentos porque o grau de aproveitamento tende a estabilizar, ou seja, a água recolhida já não satisfaz as necessidades do prédio.

Note-se que o grau de aproveitamento podia ser um pouco maior se se aumentasse o volume do reservatório. No entanto os ganhos seriam inferiores pois não se estaria a considerar o volume economicamente mais competitivo (óptimo).

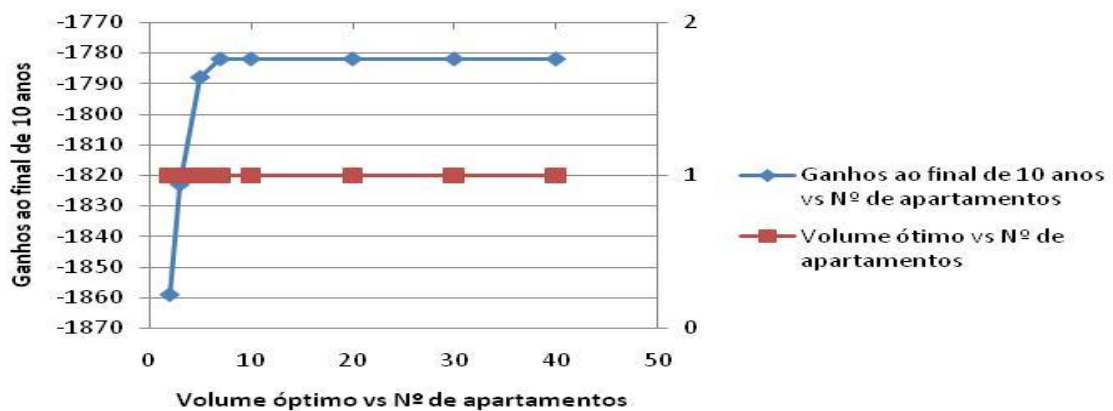
Faro

Figura 3.34- Ganhos para 10 anos e grau de aproveitamento em função do nº de habitações

## Aproveitamento de Águas Pluviais

Como se pode verificar, o volume óptimo é sempre o menor volume que se considerou para este estudo ( $1 \text{ m}^3$ ), o que prova que o investimento nestas circunstâncias nunca seria rentável.

A ligeira diminuição do défice deve-se ao facto de alguma da água que se perderia pela descarga mensal do reservatório ser recuperada, devido ao aumento dos consumos.

### Porto (Área de captação de $200\text{m}^2$ )

Se em vez de  $117 \text{ m}^2$  se considerar uma área de  $200 \text{ m}^2$ , mais comum em prédios, veja-se o que acontece.

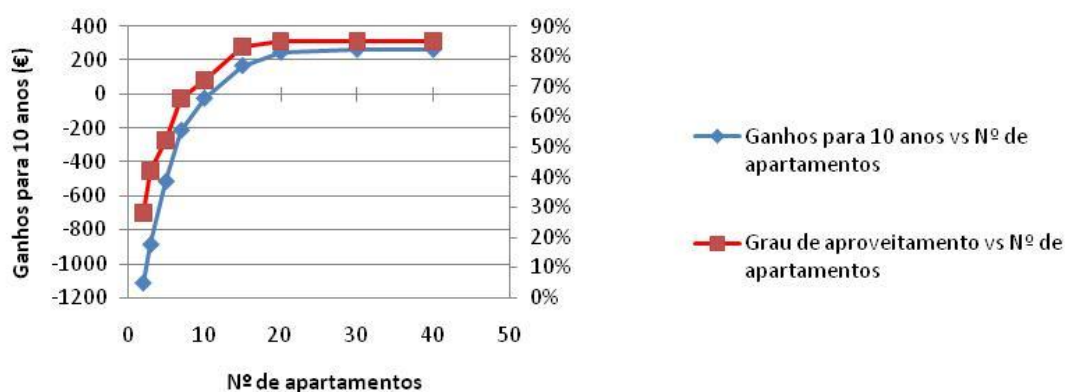


Figura 3.35- Ganhos para 10 anos e grau de aproveitamento em função do nº de habitações

Apesar de o investimento se tornar rentável a partir de 10 apartamentos, os ganhos só deixam de aumentar a partir dos 20. Isto deve-se ao facto da quantidade de água captada ser maior, tendo por isso de haver maiores consumos para o grau de aproveitamento ser constante.

### Faro (Área de captação de $200\text{m}^2$ )

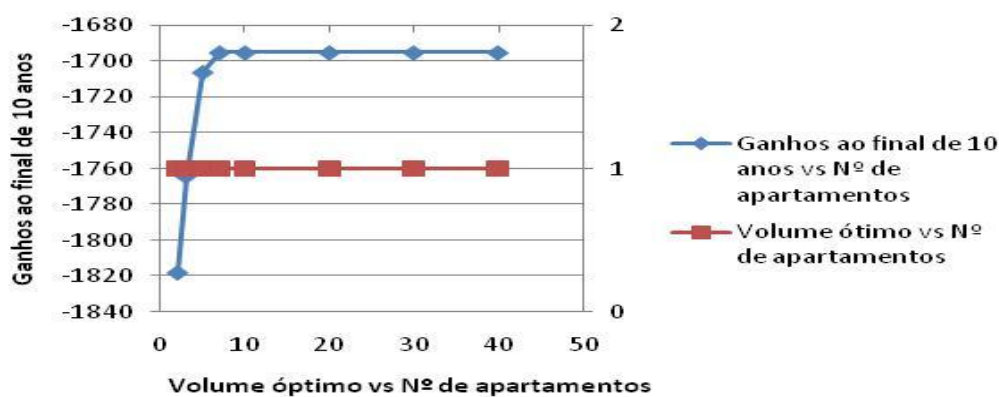


Figura 3.36- Ganhos para 10 anos e grau de aproveitamento em função do nº de habitações

A diferença entre Porto e Faro é mais uma vez evidente, sendo que nesta última cidade nem com uma área de telhado superior o investimento passou a ser rentável.

#### D) Edifício de Escritórios

Para este caso específico apenas se consideraram os consumos com equipamentos de poupança, dado não ser coerente a utilização de um SAAP com dispositivos não eficientes, principalmente num edifício como este, com elevadíssimos consumos.

No entanto também se fez a experiência com dispositivos que não poupam, estando os resultados disponíveis no ANEXO C.

As Figuras 3.37 e 3.38 dizem respeito aos resultados utilizando os consumos dos equipamentos mais económicos (autoclismo dual e urinol pneumático).

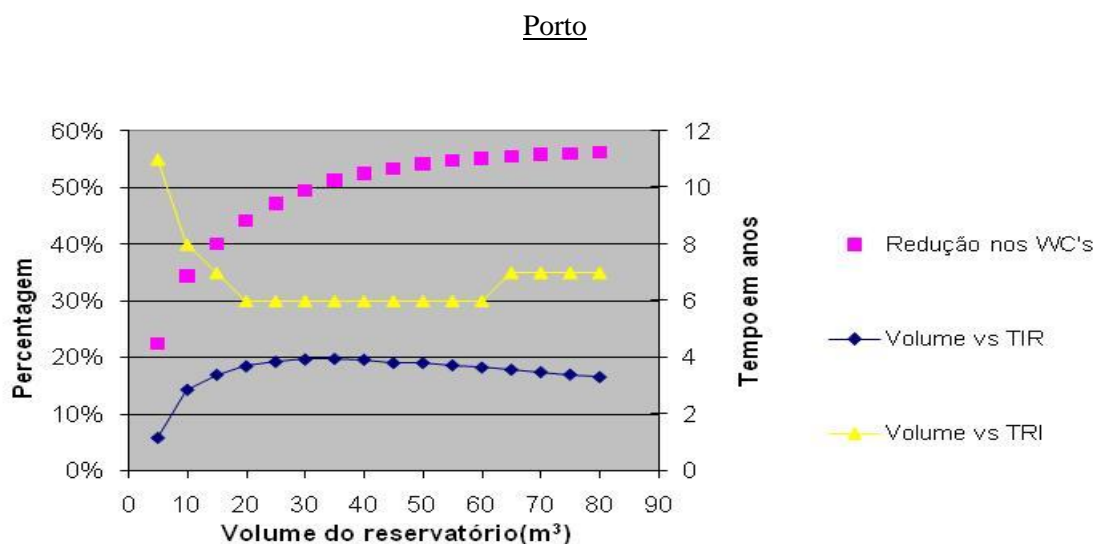


Figura 3.37- Reduções, TIR e TRI em função do volume do reservatório (Porto)

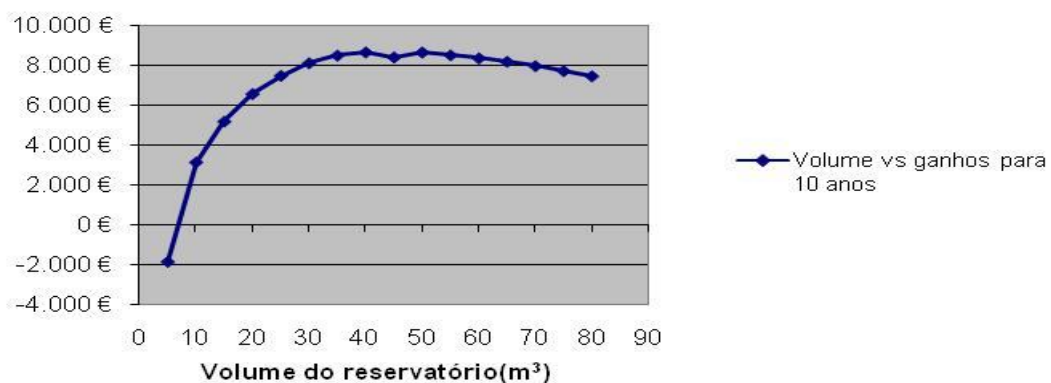


Figura 3.38- Ganhos para 10 anos em função do volume (Porto)

Ao contrário da habitação verificou-se que a aplicação de um SAAP é rentável, mesmo nos casos em que já estão instalados equipamentos de poupança, atingindo-se um tempo de retorno do investimento de 6 anos.

De acordo com as figuras anteriores, o volume óptimo é de 45 m<sup>3</sup> e corresponde a um ganho ao final de 10 anos de cerca de 8664€.

Neste caso convém também salientar que este é o ganho no caso de uma situação económica desfavorável, pois se a situação for favorável poderá chegar aos 14039€ (ANEXOC).

Esta grande diferença deve-se ao facto de haver um grande consumo de água, bastando uma ligeira subida das tarifas ao longo dos anos para tornar os ganhos sejam muito superiores.

### Faro

Nas Figuras 3.39 e 3.40 são apresentados novamente os resultados considerando os consumos dos equipamentos mais económicos, para o caso de Faro.

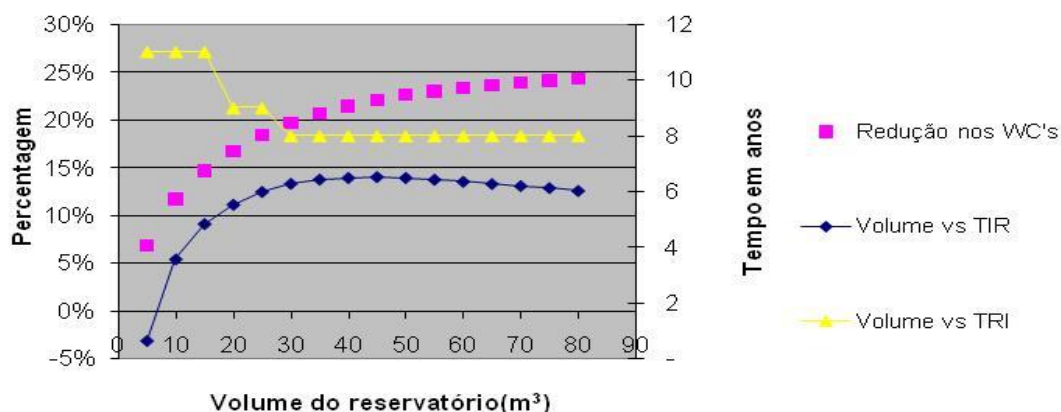


Figura 3.39- Reduções, TIR e TRI em função do volume do reservatório (Faro)

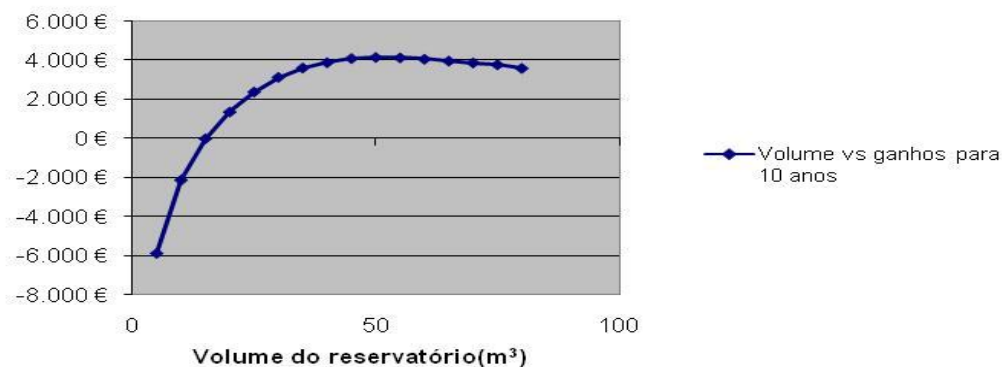


Figura 3.40- Ganhos para 10 anos em função do volume (Faro)

Em Faro, apesar da redução nos WC's ser menos de metade do que no caso do Porto, em resultado da menor quantidade de água disponível e os ganhos ao final de 10 anos chegam aos 4000€.

### 3.6.2. *Verificação da sensibilidade do método*

O número de anos para o qual se usaram as precipitações diárias foi de 10 anos, valor também recomendado pela ETA0701 [22]. No entanto, podem surgir dúvidas sobre se este número não será exagerado ou se pelo contrário deveriam ser considerados mais anos de medições para abranger o maior número de situações possível.

Procedeu-se então a um estudo suplementar para verificar se existe alguma diferença. Tomaram-se como exemplo os dados de entrada do caso de estudo do edifício de escritórios e usaram-se as precipitações da estação meteorológica de Penafiel dos últimos 30 anos, analisando-se os resultados para precipitações dos últimos 5, 10, 20 e 30 anos.

Obtiveram-se então os resultados disponíveis na Tabela 3.13.

**Tabela 3.13- Volume ótimo e respectivos ganhos ao final de 10 anos para cada n° de anos de precipitações**

Anos de medição	Volume ótimo (m3)	Ganhos ao final de 10 anos (€)
5	70	15377
10	85	12736
20	80	10765
30	80	11641

Como se pode verificar não houve grandes discrepâncias entre os volumes ótimos para 10, 20 e 30 anos de precipitação o que sugere que, de facto, 10 anos de registos de precipitações é suficiente para saber qual o melhor volume para o reservatório.

Utilizou-se o indicador *ganhos ao final de 10 anos* pois é o mais sensível, na ordem dos milhares e totalmente dependente da água da chuva recolhida. A variação registada deste valor para 10, 20 e 30 considera-se assim mínima e perfeitamente natural.

### 3.6.3. *Viabilidade dos créditos LEED*

O caso de estudo para aplicação dos sistemas LEED e BREEAM foi o edifício de escritórios, no entanto só o LEED permite considerar o aproveitamento das águas pluviais e cinzentas complementarmente aos equipamentos de poupança para redução no consumo de água potável.

## Aproveitamento de Águas Pluviais

Apesar da redução no consumo conseguida através do aproveitamento de águas pluviais variar do Porto para Faro, esta análise apenas se realizou para o Porto, uma vez que os procedimentos são exactamente os mesmos.

### Crédito WE 2

Para atingir este crédito é necessário reduzir o consumo de água potável nos WC's em 50%.

Como se pode verificar pela Figura 3.37, conseguem-se reduções na ordem dos 60%, sendo de 59% para o volume óptimo. Foi esta última a redução considerada, uma vez que a partir do volume óptimo a redução é já muito pequena e representa uma diminuição nos ganhos ( Figura 3.38).

Note-se que este valor representa a redução sobre um consumo que já inclui outra redução, a dos equipamentos de poupança. Assim a redução total em relação ao caso base, que o requisito pede, foi calculada da seguinte forma:

$$R_{total} = 1 - [(1 - R_1) \times (1 - R_2)] \quad (3.10)$$

Em que:

$R_1$  = Redução no consumo de água potável através dos equipamentos de poupança;

$R_2$  = Redução no consumo de água potável ainda existente através do aproveitamento de água pluvial

As reduções conseguidas estão disponíveis na Tabela 3.14.

**Tabela 3.14- Reduções nos consumos dos WC's e ganhos**

	<i>Equipamentos de poupança</i>		<i>Aproveitamento das águas pluviais</i>		<i>Opções conjuntas</i>	
	Reduções	Ganhos para 10 anos (€)	Reduções	Ganhos para 10 anos (€)	Redução total	Ganhos para 10 anos (€)
Poupança máxima	45,8%	11.650	56,3%	6.199	76,3%	17.850
Opção económica	38,6%	18.846	52,6%	8.630	70,9%	27.475

Como se pode verificar, qualquer das opções permite o cumprimento deste crédito. Assim a opção mais válida seria a opção económica, por motivos óbvios.

### Crédito WE 3.1;3.2, e crédito extra

Estes créditos apresentavam como requisitos a redução do consumo total de água potável no edifício em 20, 30 e 40, respectivamente.

Os resultados estão disponíveis na Tabela 3.15.



**Tabela 3.15- Reduções nos consumos totais e ganhos**

	<i>Equipamentos de poupança</i>		<i>Aproveitamento das águas pluviais</i>		<i>Opções conjuntas</i>	
	Reduções	Ganhos para 10 anos (€)	Reduções	Ganhos para 10 anos (€)	Redução total	Ganhos para 10 anos (€)
Poupança máxima	31,4%	33.356	13,65%	6.199	45,05%	39.555
Opção económica	25,7%	51.898	10,78%	8.630	36,48%	60.528

Neste caso, ao contrário do anterior, as reduções para o aproveitamento das águas pluvial são para o caso base, assim para obter a redução total só teve de se somar.

Os ganhos para 10 anos no caso dos equipamentos de poupança são bastante superiores aos do crédito WE2 (Tabela 3.14), o que se deve a considerarem-se os equipamentos todos, enquanto no caso anterior eram apenas os autoclismos e urinóis.

Com a opção económica apenas o crédito extra não é atingido, uma vez que a redução total de água potável conseguida não chega aos 40%.

O decisor fica então com duas opções. Poderia optar pela poupança máxima e cumprir todos os créditos LEED, com um ganho/poupança de 39.555€ ao final de 10 anos, ou então seguir pela escolha económica, que não permite atingir o crédito extra mas possibilita um ganho/poupança de 60.528€ ao final de 10 anos.

### 3.7. CONCLUSÕES

No caso de uma habitação, considera-se que a opção de aplicação de um SAAP não é competitiva economicamente, facto que se prende com o ainda elevado custo de investimento face ao que efectivamente se consegue poupar em água. Assim, é necessário que o custo de aquisição diminua consideravelmente, principalmente no que respeita aos custos com o reservatório.

Ficou também provado que a viabilidade da estratégia de aproveitamento de águas pluviais depende muito da precipitação no local a implementar, da área de captação e dos consumos, como ficou provado para a localização Porto e Faro nos casos de estudo da habitação familiar e edifício de escritórios.

Com esta estratégia os créditos LEED podem ser todos cumpridos mediante um maior esforço económico, mas que no entanto, também acaba por trazer um retorno.

## Aproveitamento de Águas Pluviais

A análise foi feita de forma a cobrir o maior número de cenários possível, ficando provada a adaptabilidade da ferramenta criada. Este tipo de análise pode e deve ser uma importante ajuda em futuros estudos de viabilidade do investimento em Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais.

# **Aproveitamento de Águas Cinzentas**

Motivação

Águas Cinzentas

Descrição e Funcionamento de um Sistema de  
Aproveitamento de Águas Cinzentas

Produção e Consumos

Custos

Ferramenta de Cálculo

Resultados e Discussão

Conclusões



## 4. APROVEITAMENTO DE ÁGUAS CINZENTAS

### 4.1. MOTIVAÇÃO

As estratégias anteriores focam-se na poupança de água e no aproveitamento de uma fonte geralmente marginalizada, a água da chuva. No entanto, a possibilidade de regenerar a água deve também ser considerada, pois apresenta numerosas vantagens das quais se destacam as seguintes:

- Reduz o consumo de água potável e os consequentes custos económicos e ambientais;
- Garante um fonte quase permanente de água, pois basta que haja uma ocupação do edifício para haver produção e consequente aproveitamento, sendo neste aspecto mais vantajoso que o aproveitamento de água das chuvas, que está dependente dos fenómenos meteorológicos,
- Permite a diminuição na produção de águas residuais, uma vez que as reutiliza;
- Permite diminuir a dependência de água potável principalmente em locais remotos e com problemas de escassez;
- O seu aproveitamento é compatível com o aproveitamento de águas pluviais, pois para além de providenciar um reforço no abastecimento, possibilita a redução nos custos com o saneamento.

As desvantagens podem ser a necessidade de tratamento com custos elevados ou ainda a produção não ser suficiente para satisfazer as necessidades. Para além disso, tem de estar sempre disponível uma segunda fonte de água.

### 4.2. ÁGUAS CINZENTAS

As águas residuais rejeitadas nos edifícios podem-se classificar como águas negras ou águas cinzentas. As águas cinzentas são a componente menos suja das águas residuais, onde se incluem as águas provenientes dos duches, lavatórios, bidés e máquinas de lavar louça e roupa. As águas negras são as provenientes dos sanitários (autoclismos e urinóis).

A principal diferença na qualidade entre águas negras e cinzentas é que as primeiras estão em contacto com matéria fecal que pode conter bactérias nocivas, agentes patogénicos e ter um custo e complexidade de tratamento que não compense o investimento. É esta a principal razão para se reciclar apenas as águas cinzentas.

A qualidade da água cinzenta poderá também variar, dependendo da sua proveniência, hábitos e comportamentos dos ocupantes, [Rossa, 2006].

## Aproveitamento de Águas Cinzentas

Em geral, nas cozinhas a água contém essencialmente partículas de comida, óleo, gorduras, microrganismos e detergentes e não são as mais recomendáveis para reutilização.

As águas provenientes das máquinas de lavar contêm uma concentração de bactérias baixa e os contaminantes são em geral detergentes e nutrientes.

No caso das águas dos duches e de lavatórios estas apresentam elementos como sabões, cabelos, pasta dos dentes, agentes de limpeza, cabelos e até mesmo pele. A água dos lavatórios é geralmente mais poluída até porque apresenta um menor factor de diluição.

Devido a estas diferenças, autores como Nolde [2009], assumem o reaproveitamento das águas cinzentas provenientes dos banhos, lavatórios e máquinas de lavar loiça. A Agência Ambiental Europeia (AAE), por seu lado, indica a utilização das águas dos lavatórios, banhos e cozinhas sendo esta última uma opção menos aconselhável devido à maior contaminação [EEA, 2009].

Esta escolha também depende do tipo de tratamento que se pretende dar à água assim como o seu destino. Além disso, a quantidade de água produzida por um só tipo de equipamento pode ser suficiente para abastecer os restantes equipamentos, como acontece por vezes com a água proveniente dos duches, e se verifica nas Figura 2.6 e 2.7 (página **Error! Bookmark not defined.**).

### 4.2.1. Casos de Aplicação

Na Alemanha criou-se um sistema familiar para agregados até 5 pessoas que permite tratar a água proveniente dos chuveiros para posterior utilização nos autoclismos. Uma vez que os banhos são quase diários, este sistema, representado na Figura 4.1, permitiu reduzir quase por completo os consumos nos autoclismos.



**Figura 4.1- Sistema de tratamento na habitação**

[Rossa, 2006]

Em Berlim, num condomínio vertical, faz-se o tratamento da água proveniente dos banhos, lavatórios, cozinha e máquinas de lavar roupa para posterior utilização nos autoclismos e irrigação do jardim. Este sistema permite tratar o equivalente a 12 m<sup>3</sup>/dia, suficiente para os consumos de 250 pessoas, e encontra-se na Figura 4.2.



**Figura 4.2- Sistema de tratamento no condomínio**

[Nolde, 2009]

O aproveitamento de águas cinzentas pode mesmo ser feito em restaurantes com o caso representado na Figura 4.3, em Joanesburgo, África do Sul, em que as águas provenientes do lavatório e cozinha são aproveitadas nos autoclismos.



**Figura 4.3-Sistema de tratamento no restaurante**

[Nolde, 2009]

#### **4.2.2. Incentivos, Legislação e Limitações**

Em Tóquio, no Japão, país que apresenta níveis elevados de desenvolvimento demográfico num território relativamente pequeno, todos os novos edifícios inseridos numa área mínima de 5.000 m<sup>2</sup> tem de fazer obrigatoriamente a reciclagem da água cinzenta.

Espanha, muito recentemente, deu um passo em frente na regulamentação deste sector, ao produzir o Real Decreto 1620/2007, que estabelece o regime jurídico de utilização das águas tratadas, onde se incluem os requisitos de qualidade para os usos previstos.

Em Portugal, à semelhança dos SAAP, os sistemas de aproveitamento de águas cinzentas (SAAC) ainda não têm uma base legislativa consolidada, apresentando o mesmo problema relativamente ao Artigo nº86 do Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais referido no ponto 3.2.2 (página

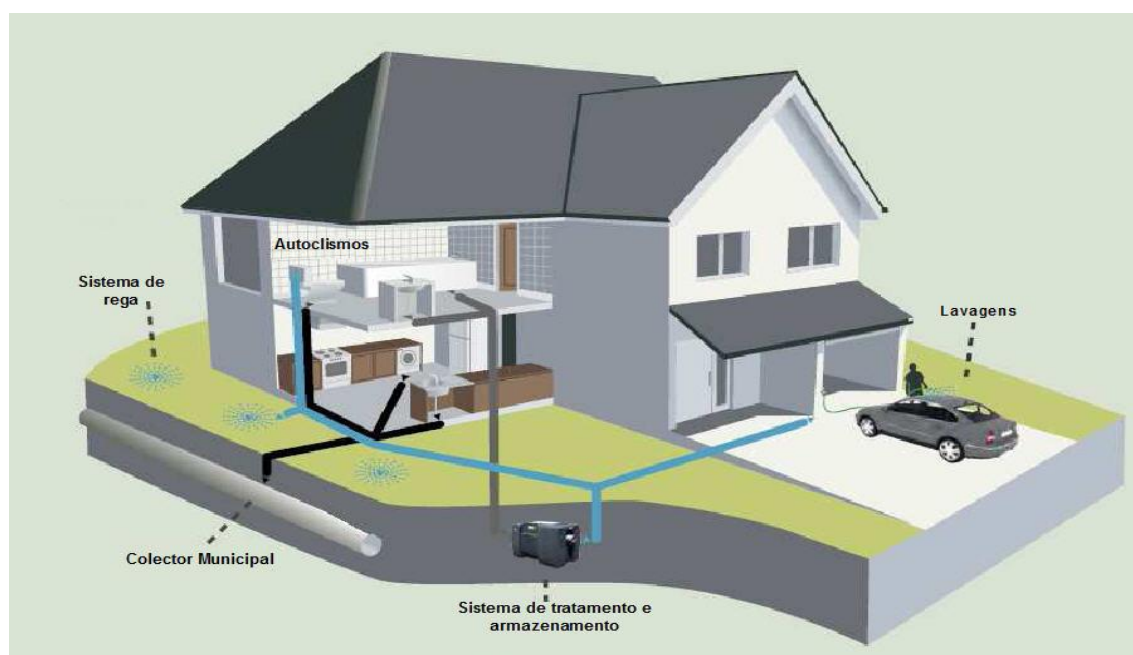
67). Existe igualmente o pequeno incentivo relativamente no IMI e ambos os sistemas são mencionados na medida 08 do PNUEA, nesse mesmo ponto.

Nas normas relativamente à recolha, tratamento e descarga de águas residuais urbanas no meio aquático, que estão dispostas no Decreto-Lei nº 152/97 de 19 de Junho, afirma-se mesmo no artigo 11º que as águas residuais tratadas devem ser reutilizadas, sempre que possível ou adequado. No entanto, falta legislação que regule essa mesma reutilização, principalmente no que respeita à qualidade da água exigida.

### 4.3. DESCRIÇÃO E FUNCIONAMENTO DE UM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS CINZENTAS

O funcionamento de um SAAC no seu todo é bastante simples, resumindo-se ao encaminhamento das águas cinzentas desde o local da sua produção até ao sistema de tratamento, seguindo-se uma distribuição pelo edifício ou o armazenamento, se não houver solicitações.

A Figura 4.4 esquematiza de uma forma simples o funcionamento de um SAAC.



**Figura 4.4 - Sistema de aproveitamento de águas cinzentas num edifício**

Adaptado de [32]

#### 4.3.1. *Sistema de Tratamento*

O sistema de tratamento é onde se dá a etapa crítica do sistema, pois dele vai depender a qualidade da água que vai ser usada.



Devido à inexistência em Portugal de um regulamento que exija determinada qualidade e tratamento específico para as águas cinzentas, a descrição do tratamento é feita com base nos sistemas distribuídos pelas empresas do ramo.

Mesmo para cada empresa consultada, o tratamento efectuado apresentou algumas diferenças. Em certos casos o tratamento é equivalente ao que se faz numa ETAR (decantação e oxidação biológica) com a diferença que no final se aplica uma desinfecção com hipoclorito de sódio.

Uma das empresas consultadas afirmou que este tipo de tratamento cumpre com os requisitos do Decreto-Lei nº 236/98 no que respeita à qualidade das águas destinadas à rega.

Outras aplicam sistemas mais complexos e caros com filtragem por membrana ou desinfecção por UV. Isto deve-se em parte, ao facto dos sistemas serem importados e aplicados especificamente para cumprimento da legislação dos países da sua proveniência.

No entanto, todos eles apresentavam um tratamento terciário, que envolve o tratamento físico, biológico e químico.

Posto isto, seguidamente definem-se os processos encontrados podem definir cada etapa:

#### Etapa 1- Tratamento Físico

*Gradagem* - Consiste em retirar os sólidos de maior dimensão arrastados na água. Este processo utiliza-se para proteger dispositivos de tratamento a jusante, como por exemplo a membrana filtrante. Como as águas cinzentas não trazem por norma grandes quantidades de sólidos basta um pequeno filtro para retirar a maior sujidade;

*Decantação primária ou sedimentação* – Permite que as partículas de menores dimensões possam sedimentar;

*Filtração por membrana* – Mediante um sistema de sucção, cria-se um fluxo da água de fora para dentro da membrana e os sólidos e as bactérias ficam retidos na parede exterior. Os difusores desenvolvem um fluxo de ar ascendente que permite limpar a superfície da parede exterior das membranas;

*Filtração rápida em areia* – A água é encaminhada para um filtro de areia e filtrada sobre pressão.

#### Etapa 2 – Tratamento Biológico

*Oxidação biológica em Sequencing Batch Reactor (SBR)* – A oxidação biológica consiste na degradação da matéria orgânica através de microrganismos aeróbios com o auxílio ao fornecimento de ar. Em SBR o arejamento e decantação processam-se sequencialmente, no mesmo reservatório.

### Etapa 3 – Tratamento Químico

*Desinfecção por cloragem* - A água é clorada mediante o doseamento de hipoclorito de sódio. A elevada capacidade oxidante do cloro é extremamente útil na destruição da matéria orgânica e, em simultâneo, permite efectuar a desinfecção das água porque destrói as enzimas essenciais à sobrevivência dos microrganismos existentes;

*Desinfecção por UV* - A acção desinfectante da radiação UV deve-se à destruição do ADN dos microrganismos, impedindo-os de manter o seu metabolismo.

A passagem da água entre as várias fases de tratamento deverá ser, em geral, toda automatizada.

O sistema deve ser dotado de *bypass* através de sifão de *overflow*, tal como descrito no ponto 3.3.3, (página 74), para evacuar efluentes em excesso para a rede de saneamento. Deve também possuir um sistema de admissão de água da rede em caso de falta de água tratada no sistema podendo haver coloração do efluente de modo a evitar potenciais utilizações da água tratada para fins indevidos.

Em alguns casos o sistema de tratamento vem com um reservatório incluído. Nos casos em que isso não acontece deve-se escolher o reservatório mais competitivo e coloca-lo sempre que possível juntamente com o sistema de tratamento, num local fresco e abrigado da luz, como referido no ponto 3.3.3, página 74.

#### **4.3.2. Distribuição pelo Edifício**

*Grupo de pressão* – O grupo de pressão é o responsável pela bombagem da água tratada aos dispositivos que a utilizam. Este dispositivo deverá ser dimensionado de acordo com o número e tipos de equipamento e a altura a que se pretende fazer chegar a água, tal como descrito no ponto 3.4.3.

Ao contrário do aproveitamento de águas pluviais, este tipo de sistema não necessita de qualquer controlador, uma vez que não existe *firstflush* e a coordenação entre utilização de águas cinzentas tratadas e água da rede no caso de falha da primeira é totalmente automatizada pelo sistema fornecido.

## **4.4. PRODUÇÃO E CONSUMOS**

Antes da aplicação de um SAAC é necessário saber de que equipamento(s) se pretendem tratar as águas cinzentas assim como, qual o fim ou os fins a que se destina a água tratada.

#### 4.4.1. *Habitação familiar*

##### A) Produção

Para este caso de estudo optou-se por aproveitar apenas a água dos banhos e dos lavatórios. Esta escolha deveu-se a motivos de quantidade, qualidade e disponibilidade da água. Como se pode verificar pela Figura 2.4, o equipamento com maiores consumos de água, e consequente produção de águas cinzentas é o chuveiro. Para além disso, e segundo um estudo mencionado por Rossa [2006], a sua qualidade é bastante aceitável, apresentando apenas um teor mais elevado de coliformes fecais do que os restantes equipamentos. No entanto, esse problema é resolvido pela desinfecção com hipoclorito de sódio.

O facto de se considerar os lavatórios prende-se com as vantagens de ter dois sistemas complementares, pois mesmo que não haja produção de água pelos banhos, pode haver pelos lavatórios.

Para estimativa das quantidades de água diárias produzidas nestes equipamentos tiveram-se em conta duas possibilidades. Na primeira, que os duches e lavatórios não poupam água, representando por isso o caso base. Na segunda, considerou-se que os equipamentos de poupança definidos no ponto 2.6, (página 30) foram aplicados. Ainda dentro desta opção deve-se ter em conta a alternativa de maior poupança e mais económica, que neste caso, como se pode verificar pela Tabela 2.25, foi coincidente.

Na Tabela 4.1 está disponível a produção de água para cada opção.

**Tabela 4.1- Produção de águas cinzentas (habitação familiar)**

	<b>S/poupança</b>	<b>Chuveiro regulável + torneira perlizadora</b>
Produção (L/dia)	316	134

##### B) Consumos

Os equipamentos para os quais se decidiu utilizar as águas cinzentas tratadas foram os autoclismos, a máquina de lavar roupa e os “outros” usos indicados no ponto 2.4.4.

A escolha dos autoclismos deve-se ao facto de representarem uma magnitude média de exposição e contacto com o utilizador [Leggett, 2001] e de representarem o segundo maior consumo na habitação.

A máquina de lavar roupa, para além de ter um consumo ainda considerável, representa só por si um segundo tratamento, uma vez que utiliza detergentes na roupa, que servem também como desinfetante. Os outros usos são limpezas caseiras ou rega de jardim.

Os consumos destes equipamentos são considerados para o caso base, para a máxima poupança e na opção mais económica, que novamente se mostraram coincidentes. Estes consumos estão disponíveis na Tabela 4.2.

**Tabela 4.2 - Consumos de águas cinzentas (habitação familiar)**

	<b>S/Poupança</b>	<b>Autoclismo dual + máquina de lavar roupa eficiente + outros</b>
Consumos (L/dia)	195	137

Para manter uma certa coerência, tomou-se por regra que todos os equipamentos da habitação ou poupam, ou não poupam.

#### **4.4.2. Edifício de escritórios**

##### **A) Produção**

Pelas mesmas razões que a habitação familiar, os equipamentos cujas águas são aproveitadas são os lavatórios e os autoclismos.

Para este edifício foram definidas 3 hipóteses para estimativa da quantidade diária de água produzida. Neste caso não se recorreu a equipamentos que não apresentassem poupança, tal como se fez para o aproveitamento das águas pluviais.

Na primeira hipótese consideraram-se os consumos dos equipamentos que conseguissem a maior poupança possível, na segunda teve-se em conta a poupança mais económica, ou seja, os equipamentos que para além de pouparem, apresentaram um maior retorno. Na terceira hipótese optou-se por aplicar o aproveitamento das águas provenientes apenas dos lavatórios, uma vez que a grande maioria dos edifícios não tem balneários, e assim tirar conclusões a esse respeito. Neste caso, escolheu-se o equipamento que permitisse a maior poupança possível, que neste caso é a torneira pneumática, como se pode verificar pela Tabela 2.28 (página 52).

As águas cinzentas produzidas estão disponíveis na Tabela 4.3.

**Tabela 4.3- Produção de águas cinzentas (edifício de escritórios)**

	<b>Torneira pneumática + chuveiro de mão</b>	<b>Ponteira perlizadora + chuveiro de mão</b>	<b>Torneira pneumática</b>
Produção (L/dia)	17660	18827	3060

##### **B) Consumos**

Os equipamentos que se vão abastecer de água tratada são os autoclismos e os urinóis. Tal escolha deve-se ao facto de serem os que correspondem a uma utilização menos nobre da água.

Os consumos considerados serão os correspondentes aos equipamentos que poupam mais e aos equipamentos que poupam e se apresentam como mais competitivos a nível económico.

A Tabela 4.4 indica esses consumos.

**Tabela 4.4- Consumos de águas cinzentas (edifício de escritórios)**

	<b>Autoclismos dual + urinol sem água</b>	<b>Autoclismos dual + urinol pneumático</b>
Consumos (L/dia)	6040	7181

## 4.5. CUSTOS

Os custos para a aplicação de um SAAC correspondem maioritariamente ao sistema de tratamento, pois é elemento fundamental do sistema. Os restantes custos compreendem a aquisição do grupo de pressão e os gastos com a manutenção e energia.

Existem ainda outros que se prendem com a instalação do dispositivo, que vão desde novas tubagens a movimentação de terras. Recomenda-se portanto que, em estudos futuros, se faça uma análise mais exaustiva no que respeita à estimativa dos custos.

Apesar disso, pode-se afirmar que os custos considerados representam a maior fatia, além de que foi tido em conta um custo com extras, para cobrir os gastos anteriormente referidos.

### 4.5.1. Custos estimados

Existem alguns custos que, na impossibilidade de se saber exactamente o seu valor, podem ser estimados.

#### ➤ Energia para o arejador

O reactor biológico tem incorporado um arejador que bomba ar pelos difusores de membrana (Figura 4.5).



**Figura 4.5- Arejador de alto rendimento e difusor de membrana**

Cedido por Carlos Pacheco [33]

Este tipo de arejador tem uma potência de 52 W.

Estimando o tempo diário de funcionamento consegue-se obter a energia gasta anualmente, através da seguinte expressão:

$$E(kWh) = P(w) \times 0,001 \times t(h) \times n^{\circ} \text{dias de trabalho} \quad (4.1)$$

em que P é a potência do arejador e t (h) é o tempo de funcionamento diário.

## Aproveitamento de Águas Cinzentas

Sabendo a energia gasta, pode-se facilmente calcular os gastos a que corresponde, multiplicando o resultado por 0,12€/kWh, o preço médio da energia.

### ➤ Energia para bombagem

Este custo pode ser estimado com recurso à equação (3.4).

Em que  $V$  corresponde ao volume bombado num determinado período de tempo e a altura manométrica é calculada de acordo com as expressões (3.5), (3.6) e (3.7).

### ➤ Reservatório de armazenamento

Como já foi anteriormente referido nem todos os SAAC vêm com reservatório de armazenamento de água incorporado.

Assim, e como os materiais de construção podem ser iguais aos utilizados para armazenar as águas pluviais, utilizaram-se as equações (3.2) e (3.3) que definem o custo do reservatório em função do volume para os materiais mais competitivos, PEAD e betão armado.

### ➤ Manutenção

O sistema de tratamento deve ser sujeito a manutenção com alguma periodicidade com vista a evitar o mau funcionamento. De acordo com as marcas consultadas deve haver um esvaziamento semestral das lamas e uma limpeza dos difusores.

Estes custos devem ser estimados em função das horas de trabalho necessárias e do número de vezes que a limpeza se realiza.

Para além disso, o depósito de hipoclorito deve ser verificado e o seu conteúdo repostado sempre que se justifique.

## **4.5.2. Custos para a habitação familiar**

### • Energia

Para o cálculo da energia gasta no arejador considerou-se que este trabalha cerca de 8 horas por dia, durante 340 dias.

Tendo em conta que o preço da energia eléctrica ronda os 0,12 €/kWh obter-se-á um encargo de cerca de 17€ anuais.

No caso dos custos da energia para bombear considera-se uma altura manométrica de 22 m.c.a. O volume varia conforme a escolha dos consumos definidos no ponto anterior.

- Manutenção

Neste caso o utilizador pode perfeitamente fazer a manutenção do SAAC, sendo que apenas tem de comprar hipoclorito de sódio para abastecer o reservatório. Estima-se um custo anual de 10€ com o hipoclorito e outros 10€ com algum possível arranjo.

- Sistema de tratamento

Os sistemas de tratamento permitem tratar um determinado volume máximo de água diário, de acordo com as suas dimensões. Assim, e de acordo com as disponibilidades do mercado, escolheram-se os dois sistemas cujos caudais de tratamento de aproximassem mais dos consumos base estipulados para este caso de estudo (Tabela 4.2).

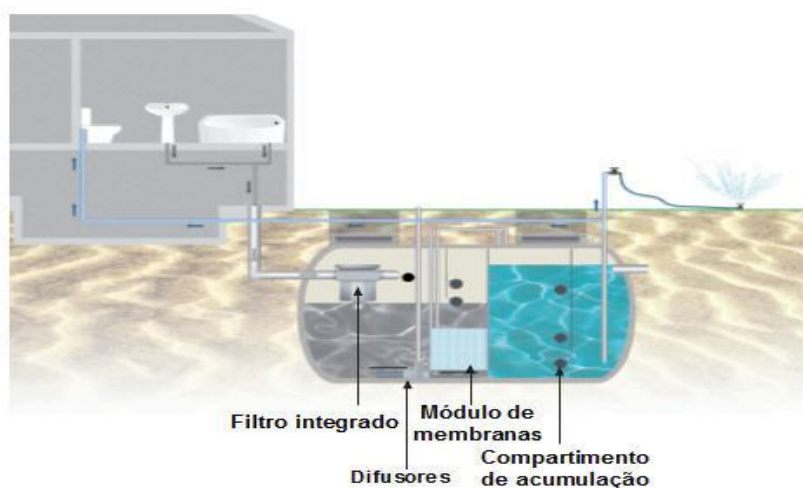
O primeiro sistema é fornecido pela empresa Ecodepur [32] e compreende as etapas de decantação, oxidação biológica em SBR, filtração rápida em areia e desinfecção por cloragem, no seu tratamento. O caudal diário que permite tratar é de 1250 L, valor bastante superior ao que se pretende tratar. No entanto, esse facto possibilita que se testem casos de estudo com maiores consumos, tais como duas ou três habitações com um sistema conjunto. Este sistema custa 2991€.

Consideram-se ainda 500€ para gastos de montagem e novas tubagens.

O segundo sistema pertence à empresa espanhola Remosa [34], e inclui como etapas de tratamento a gradagem, oxidação biológica em SBR, filtração por membrana e desinfecção por cloragem.

Permite tratar um caudal diário de 300 L e custa 5575€, estando representado na Figura 4.6.

Este sistema tem um custo bastante mais elevado devido à etapa de filtração por membrana.



**Figura 4.6- Sistema de tratamento de águas cinzentas**

Adaptado de [34]

## Aproveitamento de Águas Cinzentas

Ambos os sistemas têm um reservatório de armazenamento incorporado, por isso não foi necessário considerar mais nenhum.

- O grupo de pressão

O grupo de pressão foi o mesmo considerado no estudo de Bertolo [2006] e utilizado para as águas pluviais, uma vez que o caso de estudo é o mesmo, sendo iguais os valores de dimensionamento. O grupo custa 250€.

A totalidade dos custos encontra-se resumida na Tabela 4.5.

**Tabela 4.5- Resumo dos custos para a habitação familiar**

<i>Custos anuais (€)</i>		<i>Custos de investimento inicial (€)</i>			
<b>Energia</b>	<b>Manutenção</b>	<b>Sistema de tratamento</b>	<b>Reservatório</b>	<b>Grupo de pressão</b>	<b>Outros</b>
Arejamento: 17 Bombagem: $E(kWh) = \frac{\gamma \times V \times H_{man}}{3600 \times 10^3 \times \eta}$ $\times$ $\text{€/kWh}$	20	Ecodepur:  2991  Remosa:  5575	Não é necessário	250	500

### 4.5.3. Custos para o edifício de escritórios

- Energia

Para o cálculo do custo com a energia gasta no arejador estimou-se um tempo de trabalho diário de 12 horas e que este trabalha 250 dias por ano, o que corresponde aos dias que o edifício está ocupado.

Tendo em conta a potência do arejador é de 52W, o custo anual será de 18,7 €.

Os gastos com a bombagem são calculados de através da expressão (3.4) e para uma altura manométrica de 35 m.c.a

- Manutenção

No que respeita a este custo considerou-se que foram pagas 8 horas de trabalho semestralmente a um funcionário, a 5€/hora. Para além desse custo previram-se gastos com a aquisição do hipoclorito de sódio de 50€ anuais, mais 50€ para possíveis reparações. Estes perfazem um total de 180€ anuais.



- Sistema de tratamento

Para tratar as águas cinzentas provenientes dos chuveiros e autoclismos tiveram-se em conta dois sistemas capazes de tratar no máximo 8300 L/dia. O primeiro é fornecido pela Ecodepur e tem as mesmas características que o sistema da mesma marca considerado para a habitação familiar. Custa 16233€.

O segundo é distribuído pela empresa Almaqua [33] e compreende as etapas de decantação, oxidação biológica em SBR e desinfecção por hipoclorito de sódio.

Este sistema custa 11125€ mas não inclui a etapa de filtração, o reservatório de armazenamento e o circuito de ar comprimido.

A ambos os sistemas somam-se ainda possíveis custos com a montagem, tubagens e material auxiliar, no valor de 2000€.

- Reservatório de armazenamento

O custo do reservatório de armazenamento para complementar o sistema da Almaqua foi estimado considerando duas vezes o volume de água consumido diariamente por autoclismos e urinóis. Com isto pretende-se uma capacidade de retenção da água tratada de 2 dias, para se conseguir que haja sempre água disponível, mesmo de manhã.

Como o dobro dos consumos diários mínimos é sempre superior a 2,5 m<sup>3</sup>, apenas se entra com a expressão (3.3), correspondente ao custo do betão armado em função do volume.

- Grupo de pressão

O grupo de pressão escolhido é o mesmo que foi considerado para o aproveitamento das águas pluviais, no ponto 3.4.3, uma vez que as características para o seu dimensionamento são as mesmas.

Os custos estão resumidos na Tabela 4.6.

**Tabela 4.6- Resumo dos custos para o edifício de escritórios**

Custos anuais (€)		Custos de investimento inicial €			
Energia	Manutenção	Sistema de tratamento	Reservatório	Grupo de pressão	Outros
Arejamento: 18,7 Bombagem: $E(kWh) = \frac{\gamma \times V \times H_{man}}{3600 \times 10^3 \times \eta}$ $\times$ $\text{€/kWh}$	180 €	Ecodepur:  16233 Almaqua:  11125	Almaqua:  $Custo(€) = 428 \times V^{\frac{2}{3}}(m^3)$	2843	2000

## 4.6. FERRAMENTA DE CÁLCULO

Definidos os custos com o investimento, os equipamentos dos quais se vão tratar as águas cinzentas, os que as vão consumir bem como as quantidades geradas, criou-se uma ferramenta que permite calcular a poupança de água que aplicação do SAAC vai alcançar, assim como as suas vantagens ou desvantagens económicas.

A análise económica é feita de forma análoga à realizada para as águas pluviais, de acordo com o definido no ponto 2.7.2 (página 43). Considera-se os ganhos anuais com a poupança, ou benefícios (B), os custos com o investimento inicial (i) e os custos anuais com energia e manutenção.

A poupança de água, assim como a água cinzenta aproveitada, vêm reflectidas nos seguintes parâmetros:

- a) Volume total de água cinzenta consumida

$$\text{Volume total de água cinzenta consumida} = \sum \text{Volume de água da chuva consumida}$$

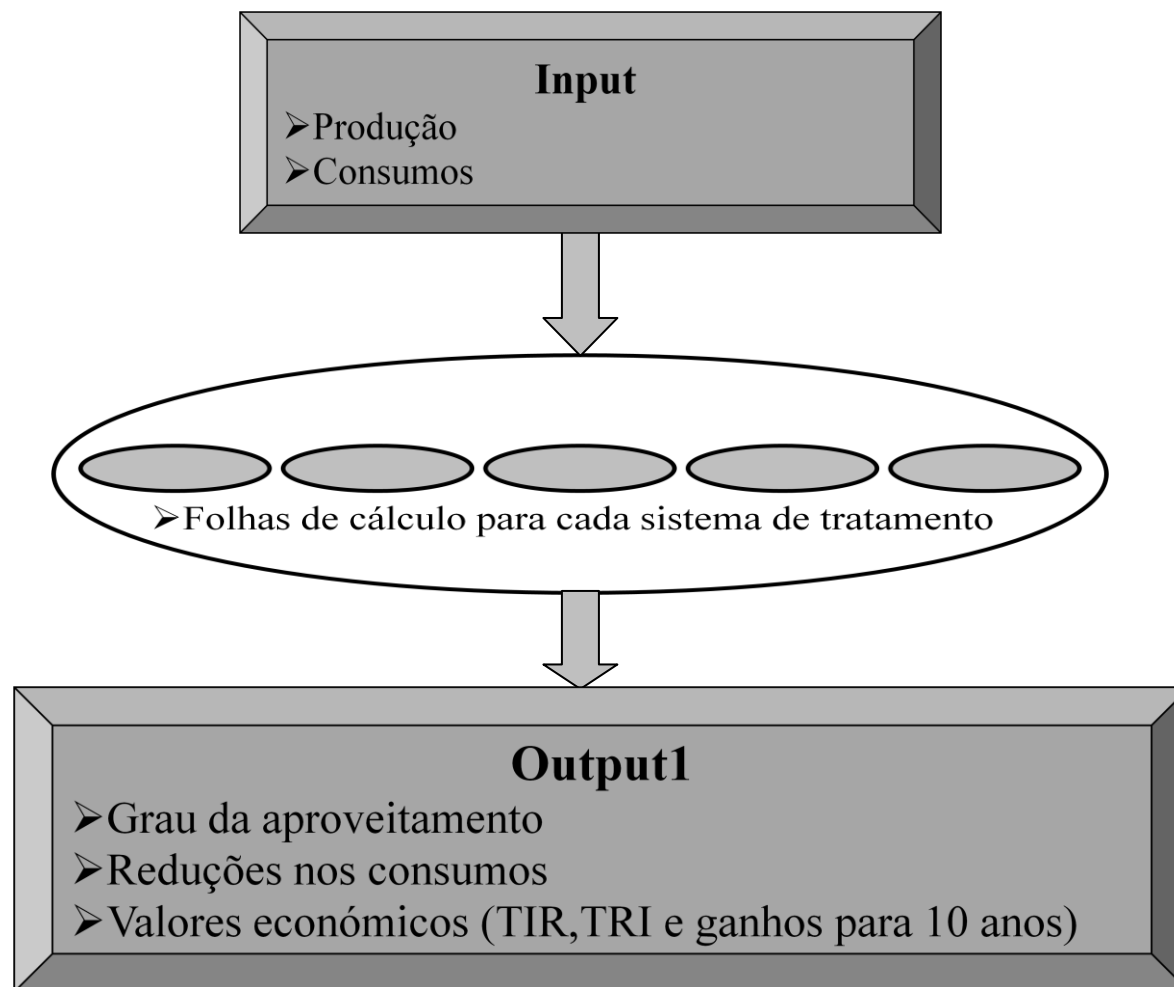
- b) Grau de aproveitamento

$$\text{Grau de aproveitamento} = \frac{\text{Volume total de água cinzenta consumida}}{\text{Volume total de água cinzenta produzida}}$$

- c) Redução no consumo de água potável

$$\text{Redução no consumo de água} = \frac{\text{Volume total de água cinzenta consumida}}{\text{Volume total de água consumida}}$$

O seguinte diagrama resume o funcionamento da ferramenta criada.



## 4.7. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O objectivo é mais uma vez verificar a viabilidade económica dos sistemas em várias situações. A análise será então feita para cada caso de estudo, habitação ou edifício de escritórios, com e sem equipamentos de poupança, localizados no Porto e em Faro.

Esta última variável prende-se somente com o facto dos tarifários praticados nas duas zonas serem distintos.

Considerou-se novamente a situação económica mais desfavorável.

Para o edifício de escritórios testou-se ainda a hipótese da não existência de chuveiros, usando-se equipamentos de poupança.

### 4.7.1. *Reduções e viabilidade económica*

#### A) Habitação familiar

##### Equipamentos com consumos base

Os resultados estão disponíveis na Tabela 4.7.

**Tabela 4.7- Resultados para a habitação familiar (consumo base)**

<i>Situação económica desfavorável</i>							
Localização	Sistema de tratamento	Grau de aproveitamento	Redução (autoclismo+máquina de lavar roupa+outros)	Redução total	TRI	TIR	Ganhos após 10 anos (£)
Porto	Ecodepur	62%	100%	36%	11	-7%	-2125
	Remosa	62%	100%	36%	11	-	-4709
Faro	Ecodepur	62%	100%	36%	11	-	-3085
	Remosa	62%	100%	36%	11	-	-5669

Como se pode verificar, em nenhuma das situações o investimento é rentável, apesar de se reduzirem por completo os consumos de água potável nos equipamentos considerados. Acontece que o investimento é novamente demasiado avultado face aos ganhos que se obtêm com a poupança de água.

Como Faro tem uma tarifa ainda mais baixa que o Porto (Tabela 2.15, página 26), o investimento é ainda menos rentável.

Nos casos em que se usam equipamentos que já poupam o investimento nunca será economicamente viável, tal como se pode verificar no ANEXO E.

A Figura 4.7 representa o que aconteceria se o sistema servisse mais do que uma habitação, para os mesmos consumos, no Porto e para o sistema mais acessível em termos de custo, o da Ecodepur.

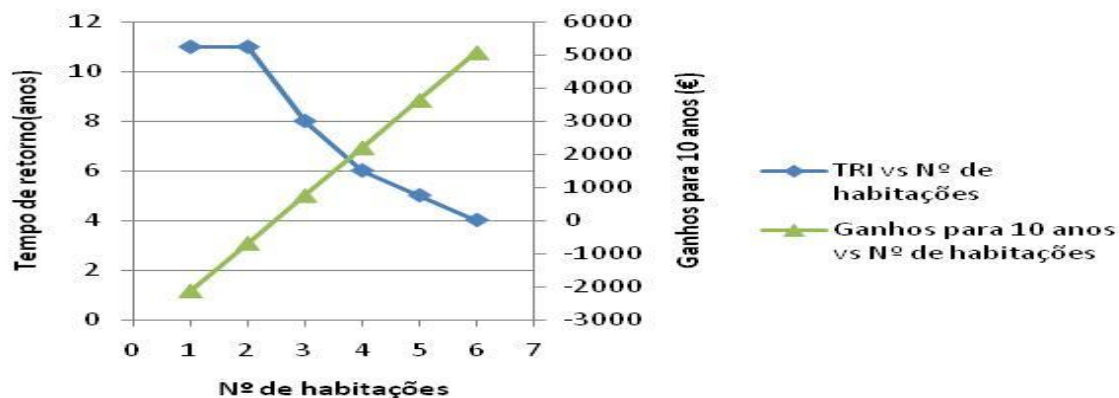


Figura 4.7- TRI e ganhos ao final de 10 anos em função do nº de habitações (Porto)

Verifica-se que a partir de 3 habitações o investimento já é rentável. Para 7 e mais habitações já não foi possível calcular os ganhos pois a quantidade de água cinzenta a tratar excedia a capacidade máxima do sistema de tratamento.

$$195 \text{ L/dia} \times 7 \text{ hab} > 1250 \text{ L/dia}$$

Na Figura 4.8 esta representada a mesma experiência, em Faro.

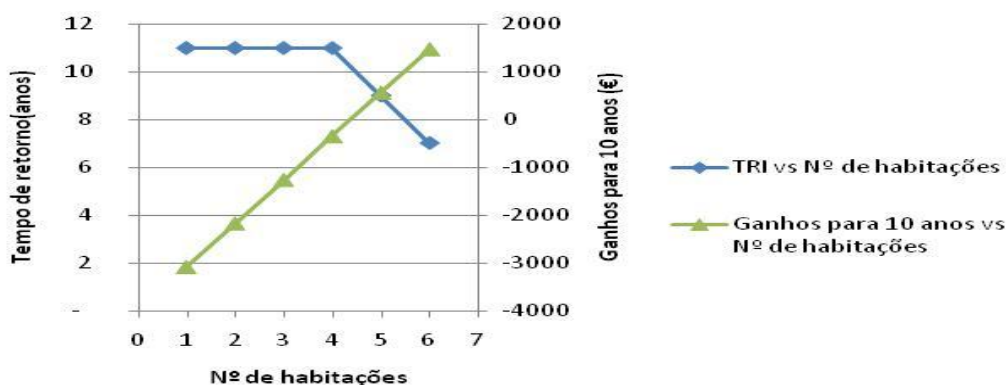


Figura 4.8- TRI e ganhos ao final de 10 anos em função do nº de habitações (Faro)

Em Faro, 5 habitações bastariam para haver retorno, enquanto que com um SAAP seriam necessárias 23 (Figura 3.32, página 104).

Torna-se portanto evidente que a implementação de um SAAC numa zona com pouca pluviosidade é muito mais competitiva que a implementação de um SAAP.

#### B) Edifício de escritórios

##### Equipamentos com máxima poupança

Para este caso de estudo, considerando um consumo de equipamentos eficientes, com consumos conjuntos de 6040 L/dia (Tabela 4.4, página 122) obtiveram-se os seguintes resultados.

**Tabela 4.8- Resultados para o edifício de escritórios (máxima poupança)**

Localização	Sistema de tratamento	Grau de aproveitamento	Redução (autoclismos+urinóis)	Redução total	Situação económica desfavorável		
					TRI	TIR	Ganhos após 10 anos (€)
Porto	Almaqua	32%	100%	24%	4	32%	20968
	Ecodepur	32%	100%	24%	6	20%	13579
Faro	Almaqua	32%	100%	24%	3	39%	28600
	Ecodepur	32%	100%	24%	5	26%	20921

Para o caso de estudo do edifício, esta seria a opção mais desfavorável, pois os equipamentos são de máxima poupança. No entanto, verifica-se que todas as situações têm um benefício económico excelente, o que afasta qualquer indicio de que o aproveitamento de água cinzentas deixe de ser rentável quando os equipamentos já poupam. Note-se mais uma vez que este caso é especial, pois o edifício tem chuveiros que garantem a 100% a disponibilidade de águas cinzentas.

Como o tarifário de Faro é superior ao do Porto para este tipo de edifícios, os ganhos foram necessariamente maiores.

Os resultados do uso de equipamentos mais económicos a nível de investimento, com consumos na ordem dos 7181 L/dia, estão apenas disponíveis no ANEXO E, pois a análise é semelhante, com resultados ainda melhores.

#### Equipamentos com poupança máxima (inexistência de chuveiros)

Esta opção prende-se com a necessidade de verificar se o investimento em edifícios que não tenham chuveiros continua a ser viável.

Neste caso a produção de água cinzenta é menor que o consumo, constitui-se assim factor limitante, não podendo o consumo ultrapassar os 3060 L/dia, de acordo com a Tabela 4.3 (página 122).

Os resultados encontram-se na Tabela 4.9.

**Tabela 4.9- Resultados para o edifício de escritórios (sem chuveiros)**

Localização	Sistema de tratamento	Grau de aproveitamento	Redução (autoclismos+ urinóis)	Redução total	Situação económica desfavorável		
					TRI	TIR	Ganhos após 10 anos (€)
Porto	Almaqua	100%	51%	12%	9	11%	2232
	Ecodepur	100%	51%	12%	11	4%	-4032
Faro	Almaqua	100%	51%	11%	7	16%	5827
	Ecodepur	100%	51%	11%	11	8%	-484

Verificou-se uma redução de apenas 51% nos consumos dos urinóis e autoclismos, o que não permite que o benefício seja máximo.

Conclui-se assim que a viabilidade económica dos sistemas de tratamento de águas cinzentas é bastante limitada, quando a fonte de água é apenas proveniente de lavatórios, uma vez que só com um dos sistemas, o mais barato mas também menos completo, é que se conseguiu obter algum/pouco benefício.

Neste caso específico, um SAAP possibilitaria ganhos ao final de 10 anos de 6052€ e um TRI de 7 anos, o que é claramente mais apetecível.

Apesar de tudo as TIR são sempre positivas, o que demonstra que o investimento ainda tem bastante benefício, não compensando porém o elevado investimento inicial dentro do tempo considerado, isto para o sistema da Ecodepur.

#### 4.7.2. Viabilidade dos créditos LEED

O sistema LEED considera, para além do recurso ao aproveitamento de águas pluviais, o aproveitamento de águas cinzentas como substituto da água potável, para cumprimentos dos créditos seguidamente mencionados.

Como anteriormente referido, o caso de estudo foi o edifício de escritórios, no Porto, e numa situação económica desfavorável. Neste caso o sistema usado foi o da Ecodepur.

#### Crédito WE 2

O objectivo deste crédito é reduzir em 50% o consumo de água potável nos WC's, em relação a um caso base, definido no ponto 2.4.4.

Como se pode verificar pela Tabela 4.8, a redução total conseguida é de 100%, sendo o crédito facilmente atingido. Note-se que, sempre que a produção seja superior ao consumo, a poupança será sempre de 100%.

Os resultados estão disponíveis na Tabela 4.10.

**Tabela 4.10- Reduções conseguidas nos WC's e ganhos**

	<i>Equipamentos de poupança</i>		<i>Aproveitamento das águas cinzentas</i>		<i>Opções conjuntas</i>	
	<b>Reduções</b>	<b>Ganhos para 10 anos (€)</b>	<b>Reduções</b>	<b>Ganhos para 10 anos (€)</b>	<b>Redução total</b>	<b>Ganhos para 10 anos (€)</b>
Poupança máxima	45,8%	11.650	100%	13.579	100%	25.229
Opção económica	38,6%	18.846	100%	20.323	100%	39.169

Qualquer uma das opções permite cumprir com este crédito. Curiosamente se a opção fosse apenas a aplicação de um SAAC, sem a instalação prévia de equipamentos de poupança, conseguir-se-ia uma poupança de 100% nos WC's e um ganho de 47008€ ao final de 10 anos,, o que representa uma diferença de 7839€.

### Crédito WE 3.1, 3.2 e crédito extra

Estes créditos indicam a redução do consumo total de água potável no edifício em 20, 30 e 40%, respectivamente. A Tabela 4.11 apresenta os resultados obtidos.

**Tabela 4.11- Reduções totais conseguidas e respectivos ganhos**

	<i>Equipamentos de poupança</i>		<i>Aproveitamento das águas cinzentas</i>		<i>Opções conjuntas</i>	
	<b>Reduções</b>	<b>Ganhos para 10 anos (€)</b>	<b>Reduções</b>	<b>Ganhos para 10 anos (€)</b>	<b>Redução total</b>	<b>Ganhos para 10 anos (€)</b>
Poupança máxima	31,4%	33.356	18,1%	13.579	49,5%	46.935
Opção económica	25,7%	51.898	20,5%	20.323	46,2%	72.221

O facto de as reduções nos consumos e consequentes ganhos para o aproveitamento de águas cinzentas serem superiores na opção económica prende-se com maior quantidade de água que é tratada, pois um dos equipamentos mais económicos, neste caso o urinol pneumático, poupa menos água que o considerado para a poupança máxima, o urinol sem água.

A opção económica é sem dúvida a melhor, pois para além de cumprir todos os créditos ainda possibilita os maiores ganhos, que são sem dúvida muito significativos.

Deve-se ainda referir que a aplicação isolada de um SAAC, apesar de garantir a redução de 33% do consumo de água potável, correspondente à redução de 100% dos consumos nos WC's (Figura 2.6, página 24), não seria por si só suficiente para cumprir com o crédito extra.

Pode-se neste ponto elogiar os mentores deste sistema na medida em que criaram requisitos que não obrigam a uma poupança localizada, mas sim generalizada (pois teve-se de poupar também nos outros equipamentos, torneiras e chuveiros) para atingir todos os créditos pretendidos.

Poder-se-ia pensar ainda na aplicação conjunta de um SAAP com um SAAC.No entanto para este caso não seria uma boa opção, pois como se verificou, o aproveitamento de águas cinzentas é suficiente para garantir a total substituição de água potável nos equipamentos passíveis de a consumir, autoclismos e urinóis.



## 4.8. CONCLUSÕES

O estudo permitiu concluir, à semelhança da recolha de água pluviais, que os sistemas actualmente disponíveis no mercado não são economicamente viáveis para aplicação numa habitação familiar, devido ao grande investimento que requerem, em comparação com o benefício da poupança. Sugere-se que sistemas mais simples sejam construídos, como por exemplo apenas com a etapa de cloragem, que é no fundo a responsável pela desinfecção da água.

Assim, e enquanto não surgem desenvolvimentos, podem ser adoptadas algumas soluções, tais como aplicar o SAAC a condomínios. Requer-se para isso vontade e visão por parte dos mentores dos projectos que por agora se consideram sustentáveis, mas que podem um dia vir a ser banais.

Para edifícios de grandes consumos o SAAC obtém um grande e rápido retorno económico, para além de poder reduzir até 100% consumo de água potável nos autoclismos e urinóis. No entanto, as disponibilidades de água cinzenta devem ser sempre superiores aos consumos, caso contrário estes sistemas podem facilmente perder a competitividade.

A aplicação deste sistema ao edifício de escritórios em conjunto com os equipamentos de poupança permite cumprir com todos os requisitos dos créditos do sistema LEED conseguindo-se ainda um ganho, ao final de 10 anos, de 72.221€, permitindo por isso dizer que ambas as medidas se complementam positivamente.



## **Conclusões Gerais**



## 5. CONCLUSÕES GERAIS

A opção de poupança nos equipamentos deve ser sempre a primeira a tomar-se, qualquer que seja a tipologia do edifício, uma vez que demonstrou ser a mais fácil de implementar e com os retornos mais rápidos, devido ao investimento relativamente baixo. Pode-se até fazer uma alusão à política dos 3R's, reduzir, reutilizar e reciclar, em que a primeira opção deve ser sempre reduzir.

Mesmo para o caso de uma habitação familiar, em que os gastos são normalmente baixos, conseguiu-se uma redução de cerca de 50% do consumo considerado normal, o que permitiu um ganho de 2000€ ao final de 10 anos.

Quanto ao edifício de escritórios essa opção é verdadeiramente necessária, porque estão em causa centenas de metros cúbicos mensais, sendo por isso medidas com rápidos retornos e que permitem reduzir o impacte ambiental do edifício.

Tornou-se também evidente que as diferenças nos tarifários influenciam e muito a poupança/ganhos com estas medidas. Por isso mesmo este pode e deve ser um instrumento de incentivo à poupança de água, tal como a Directiva Quadro da Água refere.

No que respeita aos sistemas de aproveitamento de águas pluviais fez-se a demonstração de um método objectivo e realista que deve ser usado no caso português, sob pena de se estarem a dimensionar “incorrectamente”, entenda-se sem a melhor optimização, os reservatórios.

A aplicação destes sistemas em habitações não é por enquanto viável, pois o investimento é demasiado elevado para permitir que haja algum retorno. No entanto, poderão existir algumas soluções já rentáveis tais como um sistema comum para várias habitações ou a sua aplicação num prédio, desde que a superfície de recolha tenha uma determinada dimensão.

No caso dos edifícios de escritórios, em que os consumos são normalmente elevados, esta opção parece ser bem mais promissora, permitindo poupanças mesmo quando os próprios equipamentos já o fazem.

Ficou bem patente que parâmetros como a precipitação, a superfície de recolha ou os consumos são essenciais na verificação da viabilidade do investimento, sendo que a haver viabilidade, certamente muita água será poupada, uma vez que estes se relacionam.

A opção de aproveitar as águas cinzentas, à semelhança do aproveitamento de águas pluviais, não é rentável quando aplicada a uma habitação, no entanto a possibilidade de um sistema comunitário deve ser ponderada, pois demonstrou conseguir um retorno razoável para um pequeno número de moradias.

O caso do edifício de escritórios, permitiu obter a melhor poupança e o maior retorno económico, pois havia uma grande quantidade de águas cinzentas à disposição, provenientes dos chuveiros. No entanto,

## Conclusões Gerais

a grande maioria dos edifícios de escritórios não os possui. Nestes casos, o aproveitamento das águas pluviais parece permitir uma maior redução nos consumos. Porém deve-se analisar muito bem a situação, pois como já anteriormente referido este aproveitamento depende de vários factores.

É necessário portanto fazer um estudo antecipado antes de se enveredar pela aplicação de um sistema de aproveitamento, seja ele de águas cinzentas ou pluvial, sob pena de não se escolher a melhor opção. Sugerem-se estudos que abordem a aplicação simultânea das duas opções, SAAP e SAAC, que poderá ter vantagens tanto na melhoria da qualidade da água como na capacidade do seu fornecimento. Para além disso o investimento não deveria ser muito superior, pois as águas pluviais poderiam ser canalizadas para o sistema de tratamento de água cinzentas.

As estratégias estudadas permitem cumprir com todos os créditos do sistema LEED e BREEAM com excepção do crédito<sup>2</sup> do BREEAM. No entanto, este prende-se mais com uma questão de funcionalidade do equipamento do que com a poupança de água.

Ficou patente o ênfase que o sistema LEED dá às estratégias que permitem substituir o consumo de água potável, podendo-se dizer que o BREEAM deveria também considerar estas opções.

Por fim, estes sistemas necessitam de ser mais divulgados, e a lei tem que se actualizar no sentido da sua promoção responsável, pois numa altura em que tanta atenção se dá à sustentabilidade, não se deveriam continuar a marginalizar questões como estas.

# **Referências Bibliográficas**





## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bertolo, E.J.P – **Aproveitamento da Água da Chuva em Edificações**. Porto, Portugal, 2006.

Revista água&ambiente – **Eficiência Hídrica de Produtos em marcha**. Junho de 2009

U.S Green Building Council – **LEED For New Construction**. Version 2.2, First edition. U.S October 2005.

Building Research Establishment – **BREEAM Europe Offices Assessor Manual**. Document No 5060, Issue No 2.0, 10 October 2008.

Claro, J. – **Conceitos Básicos de Matemática Financeira** – Novembro de 2006.

United Nations Environmental Programme (UNEP) – **Rain Water Harvesting “A Lifeline for Human Well-Being”**, 2009.

Cosch (Soluções Ambientais Sustentáveis) – **Aproveitamento de Águas Pluviais em Projectos de Grande Dimensão “A experiência Brasileira”**. Apresentação no workshop “Aproveitamento de Águas Pluviais”, 2009

Konig, K. – **Rain Harvesting “A global perspective”**. Apresentação no workshop “Aproveitamento de Águas Pluviais”, 2009

Reichmann, B. – **Projecto de Referência em Ecologia Urbana e o Aproveitamento de Águas Pluviais**. Apresentação no workshop “Aproveitamento de Águas Pluviais”, 2009.

Leggett, D. J. *et al.* – **Rainwater and greywater use in buildings**. Best practice guidance, London, 2001

Nolde, E. – **Greywater and rainwater systems “To merge or not to merge”**. Apresentação no workshop “Aproveitamento de Águas Pluviais”, 2009.

Pinheiro, M. D. – **Ambiente e construção sustentável** - 2006

European Environment Agency – **Water resources across Europe – confronting water scarcity and drought** – Março de 2009.

## Sites Consultados

- [1] Decreto-Lei nº 58/2005 de 29 de Dezembro que transpõe para ordem jurídica nacional a Directiva Europeia nº 2000/60/CE, a chamada Lei da Água, disponível em [www.dre.pt](http://www.dre.pt). Acesso a 03/06/2009.
- [2] Tarifário de abastecimento de água e saneamento do Porto disponível em [www.aguasdosporto.pt](http://www.aguasdosporto.pt). Acesso a 15/03/2009.
- [3] Anuário Estatístico da Região Norte disponível em [www.ine.pt](http://www.ine.pt). Acesso a 03/06/2009.
- [4] Decreto Regulamentar nº 23/95 de 23 de Agosto que dita o Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e Águas Residuais disponível em [www.dre.pt](http://www.dre.pt).
- [5] Tarifários de abastecimento de água, saneamento e resíduos de Faro, disponível em [www.fagar.pt](http://www.fagar.pt). Acesso a 15/03/2009.
- [6] Decreto-Lei nº 80/2006 que dita o Regulamento das Características de Comportamento Térmico de Edifícios (RCCTE), disponível em [www.dre.pt](http://www.dre.pt). Acesso a 18/03/2009.
- [7] Tarifário de gás natural praticado pela empresa Duriensegás e Medigás para o sector doméstico, disponível em [www.galpenenergia.com](http://www.galpenenergia.com). Acesso a 19/03/2009.
- [8] Catálogos de sistemas sanitários Geberit em [www.geberit.pt](http://www.geberit.pt). Acesso a 14/03/2009.
- [9] Catálogos de sistemas sanitários OLI em [www.oli.pt](http://www.oli.pt). Acesso a 14/03/2009.
- [10] Catálogos de sistemas sanitários Grohe em [www.grohe.pt](http://www.grohe.pt). Acesso a 16/03/2009.
- [11] Catálogo de torneiras Roca com descrição técnica de [www.roca.es](http://www.roca.es). Acesso a (19/03/2009)

- [12] Catálogo de torneias e chuveiros RST em [www.ecomeios.pt](http://www.ecomeios.pt). Acesso a (19/03/2009)
- [13] Catálogo de urinóis sem água Uridan em [www.uridan.pt](http://www.uridan.pt). Acesso a (17/03/2009)
- [14] Porcelana sanitária Valadares em [www.armor.net](http://www.armor.net). Acesso a (20/03/2009)
- [15] Plano Nacional para o Uso Eficiente da Água (PNUEA), disponível em [www.inag.pt](http://www.inag.pt). Acesso a 10/06/2009.
- [16] Relatório Anual do Sector de Águas e Resíduos em Portugal (RASARP) de 31 de Dezembro de 2007, disponível em [www.irar.pt](http://www.irar.pt). Acesso a 10/06/2009.
- [17] Índice de Preços no consumidor de Fevereiro de 2009, disponível em [www.ine.pt](http://www.ine.pt). Acesso a 21/03/2009.
- [18] Taxas de juro EONIA/EURIBOR disponíveis em [www.bportugal.pt](http://www.bportugal.pt). Acesso a 30/03/2009.
- [19] Taxas de juro de depósitos a prazo disponíveis em [www.depósitosaprazo.com](http://www.depósitosaprazo.com). Acesso a 30/03/2009.
- [20] Tarifas dos serviços regulados de água, disponível em [www.irar.pt](http://www.irar.pt). Acesso a 31/03/2009.
- [21] Análise global da distribuição dos consumos energéticos do sector doméstico em termos de energia final, disponível em [www.eficiencia-energetica.com](http://www.eficiencia-energetica.com). Acesso a 16/06/2009.
- [22] Especificações Técnicas de Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais disponíveis em [www.anqip.pt](http://www.anqip.pt). Acesso a 25/02/2009.
- [23] Esquema do processo de reutilização da água pluvial disponível em <http://or.oesterenovaveis.pt/>. Acesso a 25/06/2009.
- [24] Sistemas de controlo e monitorização para SAAP's em [www.lnaguas.pt](http://www.lnaguas.pt). Acesso a 25/04/2009.

## *Referências Bibliográficas*

- [25] Filtros para SAAP's disponíveis em [www.ecoagua.pt](http://www.ecoagua.pt). Acesso a 23/04/2009.
- [26] Catálogo de SAAP's disponível em [www.graf.pt](http://www.graf.pt). Acesso a 23/04/2009.
- [27] Decreto-Lei nº 236/98 que estabelece os requisitos de qualidade da água para vários fins. Disponível em [www.dre.pt](http://www.dre.pt). Acesso a 28/06/2009.
- [28] Grupos de pressão da marca wilo disponíveis em [www.wilo-select.pt](http://www.wilo-select.pt). Acesso a 25/05/2009.
- [29] Grupos de pressão da marca Lowara disponíveis em [www.itt.pt](http://www.itt.pt). Acesso a 25/05/2009
- [30] Registo das precipitações diárias em Portugal disponível em [www.snirh.pt](http://www.snirh.pt). Acesso a 28/05/2009.
- [31] Decreto-Lei nº 152/1997 de 19 de Junho que regulamenta a recolha, tratamento e descarga de águas residuais urbanas no meio aquático. Disponível em [www.dre.pt](http://www.dre.pt). Acesso a 01/07/2009.
- [32] Sistemas de aproveitamento de águas cinzentas. Disponível em [www.ecodepur.pt](http://www.ecodepur.pt). Acesso a 04/06/2009.
- [33] Sistemas de aproveitamento de águas cinzentas. Disponível em [www.almaqua.pt](http://www.almaqua.pt). Acesso a 14/05/2009.
- [34] Sistema de aproveitamento de águas cinzentas. Disponível em [www.reciclagemdeaguas.com](http://www.reciclagemdeaguas.com). Acesso a 18/05/2009.
- [35] Relatório de balanço para a Seca de 2005. Disponível em [www.inag.pt](http://www.inag.pt). Acesso a 04/07/2009.

# **Anexos**

Anexo A – Equipamentos Tipo e Equipamentos de Poupança

Anexo B – Sistema de Aproveitamento da Água da Chuva

Anexo C – Estimativas Orçamentais do SAAP para habitação familiar

Anexo D – Resultados da aplicação do SAAP

Anexo E – Resultados da aplicação do SAAC



## 5.1. ANEXO A: EQUIPAMENTOS TIPO E EQUIPAMENTOS DE POUPANÇA

### Habitação Familiar

**Nota:** Os equipamentos que não foram considerados encontram-se sublinhados.

Lista de equipamentos tipo para habitação familiar

Autoclismos			
Marca	Descrição	L	Preço (€)
Geberit	Interior (modelo UP 320 + placa Rumba)	6-7,5	117,37
	Exterior (modelo AP121-Montagem acoplada)	6-9,0	54,6
	Válvula de descarga única para cisternas cerâmicas	6	18,15
OLI	Exterior Turchese	6-7,5	21,5
Grohe	Exterior Dallux	6-9,0	94,05
Torneira de lavatório			
Marca	Descrição	L/min	Preço (€)
Zenite	Monocomando de lavatório modelo Ecomix	12	39
AFIL	Monocomando de lavatório série Galiza	12	24,95
Clever	Monocomando de lavatório série Bahama	12	58,13
Grohe	Monocomando de lavatório Eurodisk	12	114,15
Torneira de cozinha			
Marca	Descrição	L/min	Preço (€)
Zenite	Monocomando de cozinha c/ bica prolongada	12	51
JSB	Monocomando de cozinha c/ bica prolongada	12	24,95
Grohe	Monocomando de lava loiça	12	154,9
Clever	Monocomando de cozinha c/ bica prolongada Habana	12	69,91
Chuveiros			
Marca	Descrição	L/min	Preço (€)
Grohe	Classic 160mm	14	88,5
AFIL	Love shower	14	19,95
Plastisan	Modelo Futura	14	14,45
Roca	Sunami basic	14	55
Máquinas de lavar louça			
Marca	Descrição	L	Preço (€)
Bosch	SGS55M85EU(12 pessoas)	17	789
Siemens	SN26M591EU(12 pessoas)	12	883,8
Máquina de lavar roupa			
Marca	Descrição	L	Preço (€)
Teka	1260(6kg de carga)	56	440
Siemens	WM10E021EE(6kg de carga)	47	554

Lista de equipamentos de poupança para habitação familiar

Autoclismos			
Marca	Descrição	Consumos (L)	Preço (€)
Geberit	Interior modelo UP320 + placa Samba	3/6	121,5
	Exterior autoclismo de acoplar AP128, dual	3/6	83,4
	Válvula de dupla descarga para cisterna cerâmicas	3/6	18,9
OLI	Exterior autoclimo Havana mochila DD	3/6	40,0
Grohe	Exterior Ecolux	3/6	108,2
Torneira de lavatório			
Marca	Descrição	L/min	Preço (€)
RST	Ponteira perlizadora	4,8	51,3
Grohe	Monocomando de lavatório com limitador de caudal (Euroeco especial)	8	121,3
Clever	Monocomando de lavatório Biel com sistema Econature	6	81,2
Roca	Monocomando de lavatório série MonojetN + sistema Ecodisk	6	89,3
Torneira de cozinha			
Marca	Descrição	L/min	Preço (€)
RST	Ponteira Sanicus	6	4,9
	Ponteira perlizadora	4,8	59,9
Clever	Torneira para lava louça ITACA	6	110,1
Grohe	Monocomando de lava loiça com limitador de caudal	8	166,0
Roca	Monocomando de lava loiça com Ecodisk	6	151,0
Chuveiro			
Marca	Descrição	L/min	Preço (€)
Grohe	Chuveiro Champagne 1/2	10	117,9
Ecomeios	Chuveiro Novolence	6,6	18,1
	Chuveiro Turbolonce	9	17,8
	Chuveiro Novolux	8	50,0
Chuveiro			
Marca	Descrição	L	Preço (€)
Bosch	SMS69T02EU	10	1049
Siemens	SN26T890EU	10	920
Chuveiro			
Marca	Descrição	L	Preço (€)
Teka	1400E	45	617,7
Siemens	WM12E020EE	45	604,0



## Edifício de Escritórios

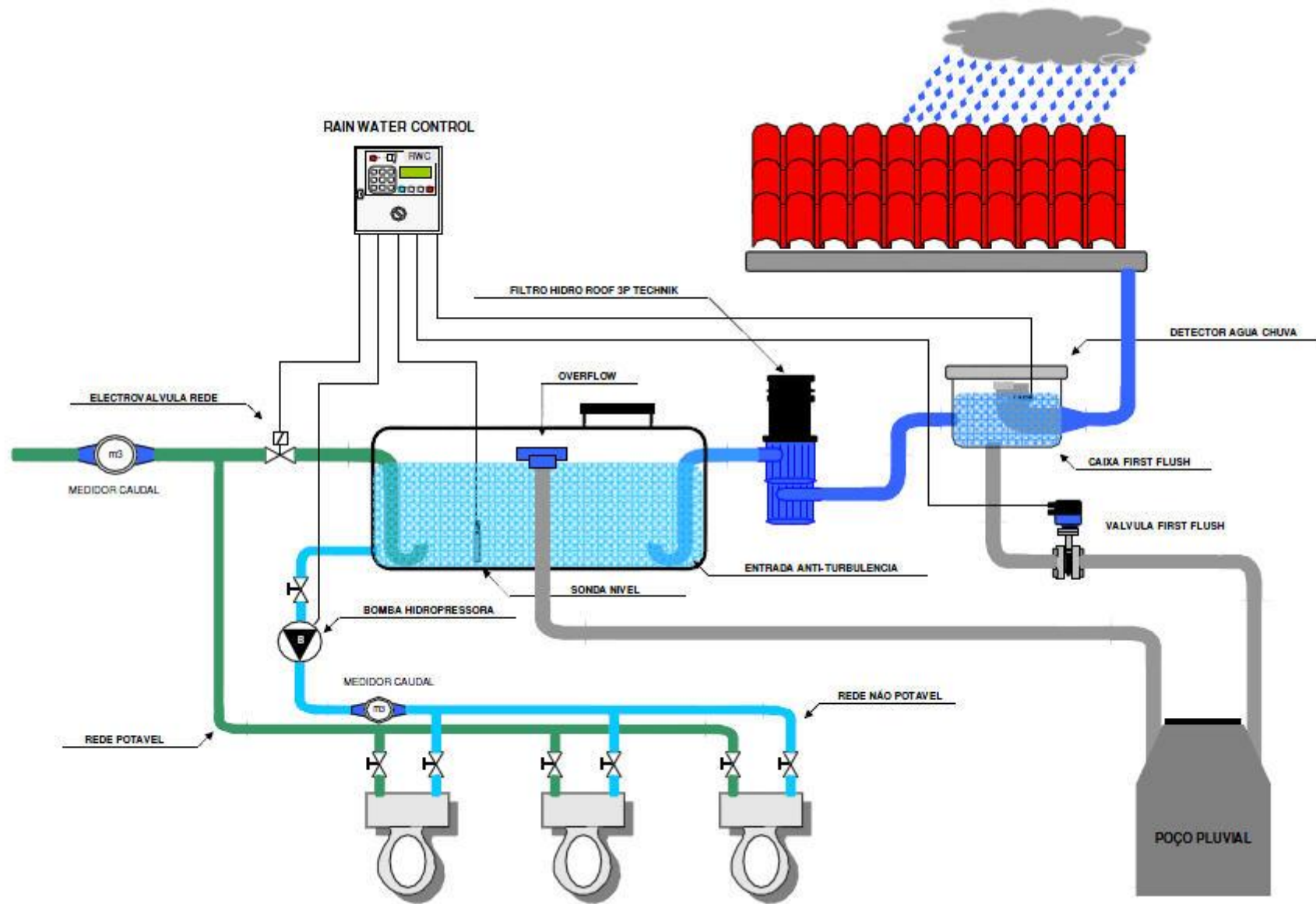
Lista de equipamentos tipo para edifício de escritórios

Autoclismos			
Marca	Descrição	(L)	Preço (€)
Geberit	Interior (modelo UP 320 + placa Mambo antivandalismo)	6-7,5	159,46
	Exterior (modelo AP121-Montagem acoplada)	6-9,0	54,6
	Valvula de descarga única para cisternas cerâmicas	6	18,15
OLI	Interior (Euro better mais placa de comando Steel interrompível)	6-7,5	195,85
	Exterior Turchese	6-7,5	21,5
Grohe	Exterior Dallux	6-9,0	94,05
Urinóis			
Marca	Descrição	(L)	Preço (€)
Grohe	Fluxómetro exterior+ reservatório	2	122,08
Benkiser	Fluxómetro exterior+reservatório	2	95,68
Torneira			
Marca	Descrição	(L/min)	Preço (€)
Zenite	Monocomando de lavatório modelo Ecomix	12	39
AFIL	Monocomando de lavatório série Galiza	12	24,95
Clever	Monocomando de lavatório série Bahama	12	58,13
Grohe	Monocomando de lavatório Eurodisk	12	114,15
Chuveiros			
Marca	Descrição	(L/min)	Preço (€)
Grohe	Classic 160mm	14	88,5
AFIL	Love shower	14	19,95
Plastisan	Modelo Futura	14	14,45
Roca	Sunami Basic	14	55
Ribrasil	3 jet 128C	14	5,7

Lista de equipamentos de poupança para o edifício de escritórios

Autoclismos				
Marca	Descrição	L	L/min	Preço (€)
Geberit	Interior modelo UP320+placa twist antiroubo	3/6L	-	192,72
	Exterior autoclismo de acoplar AP128, dual	6/3L	-	83,37
	Valvula de dupla descarga para cisternas cerâmicas	3/6L	-	18,9
OLI	Interior (Euro Better mais placa de comando Steel DD)	6-7,5	-	197,85
	Exterior autoclismo Havana Mochila DD	3/6L	-	40
Grohe	Exterior Ecolux	3/6L	-	108,2
Urinóis				
Marca	Descrição	L	L/s	Preço (€)
Geberit	Sistema pneumático manual Samba + reservatório+ estrutura	0,34L/s*3s=1,02L	0,34	319,2
	Sistema de descarga Mambo por IV a pilhas + reservatório + estrutura	0,34L/s*3s=1,02 L	0,34	535,12
Grohe	Fluxómetro de urinol exterior + reservatório	2L	-	122,08
Uridan	Urinol 152 ceramic standard+urilock+uriclean	-	-	529
Torneiras				
Marca	Descrição	L	L/s	Preço (€)
RST	Ponteira perlizadora anti-roubo	-	4,5	51,25
Geberit	Torneira sem mistura Hytronic 86 a pilhas	-	6	418,00
	Torneira sem mistura Hytouch 26 pneumática	-	6	185,89
Grohe	Monocomando de lavatório com limitador de caudal (Euroeco especial)	-	8	121,3
	Misturadora electrónica a pilhas de lítio de 6V, tipo CR,P2	-	6	510
Clever	Monocomando de lavatório Biel com sistema Econature	-	6	81,21
Roca	Monocomando de lavatório Roca série MonojetN + sistema Ecodisk	-	6	89,3
Chuveiros				
Marca	Descrição	L	L/s	Preço (€)
Grohe	Champagne 1/2	-	10	117,9
ecomeios	Chuveiro Profiplus	-	9	74
	Chuveiro Profilux	-	6,3	163
	Chuveiro Novosix	-	8	50

## 5.2. ANEXO B: SISTEMA DE APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA



### 5.3. ANEXO C: ESTIMATIVAS ORÇAMENTAIS DO SAAP PARA A HABITAÇÃO FAMILIAR

ARTIGO	DESCRIÇÃO	UN.	QUANTIDADES			CUSTOS	CUSTOS TOTAIS		
			Hip. 0	Hip. 1	Hip. 2		Hip. 0	Hip. 1	Hip. 2

## 1. Sistema de Abastecimento de Água - Infraestruturas Interiores à Habitação

*Compreende o fornecimento e transporte dos materiais, carga e descarga, incluindo sua aplicação e todos os trabalhos acessórios a um perfeito acabamento.*

**Critério de medição:** A medição da canalização será realizada em m, incluindo os acessórios dos tubos.

### 1.1. Tubagem para Água Fria da Rede Pública

1.1.1. Fornecimento e montagem de tubo em Polipropileno PN20 (PPR), abertura e tapamento de roços e furos na parede e pavimento e fixação das tubagens embutidas, de:

1.1.1.1.	Ø 16 mm	m	-	0,30	0,30	9,93 €	-	2,98 €	2,98 €
1.1.1.2.	Ø 25 mm	m	0,30	-	-	11,16 €	3,35 €	-	-
1.1.1.3.	Ø 32 mm	m	17,80	3,25	3,25	12,56 €	223,64 €	40,83 €	40,83 €
1.1.1.4.	Ø 40 mm	m	21,95	37,52	37,52	15,35 €	337,02 €	576,08 €	576,08 €
1.1.1.5.	Ø 50 mm	m	23,10	13,70	13,70	17,37 €	401,25 €	237,97 €	237,97 €

1.1.2. Fornecimento e montagem de tubo PEX, ou qualidade equivalente, incluindo manga azul, abertura e tapamento de roços e furos na parede e pavimento e fixação das tubagens embutidas, de:

1.1.2.1.	Ø 16 mm	m	24,12	18,10	18,10	8,09 €	195,02 €	146,35 €	146,35 €
1.1.2.2.	Ø 20 mm	m	7,76	6,35	6,35	8,62 €	66,89 €	54,73 €	54,73 €
1.1.2.3.	Ø 25 mm	m	5,40	3,40	3,40	9,97 €	53,82 €	33,88 €	33,88 €

**Sub-total 1.1.**

**1.280,98 € 1.092,83 € 1.092,83 €**

### 1.2. Tubagem para Água Fria alimentada pelo SAAP

1.2.1. Fornecimento e montagem de tubo em Polipropileno PN20 (PPR), abertura e tapamento de roços e furos na parede e pavimento e fixação das tubagens embutidas, de:

ARTIGO	DESCRIÇÃO	UN.	QUANTIDADES			CUSTOS	CUSTOS TOTAIS		
			Hip. 0	Hip. 1	Hip. 2	UNITÁRIOS	Hip. 0	Hip. 1	Hip. 2
1.2.1.1.	Ø 16 mm	m	-	3,30	2,20	9,93 €	-	32,76 €	21,84 €
1.2.1.2.	Ø 25 mm	m	-	5,70	-	11,16 €	-	63,61 €	-
1.2.1.3.	Ø 32 mm	m	-	19,00	19,00	12,56 €	-	238,72 €	238,72 €
1.2.1.4.	Ø 40 mm	m	-	22,10	34,45	15,35 €	-	339,32 €	528,95 €
1.2.1.5.	Ø 50 mm	m	-	-	1,00	17,37 €	-	-	17,37 €
1.2.2.	Fornecimento e montagem de tubo PEX, ou qualidade equivalente, incluindo manga azul, abertura e tapamento de roços e furos na parede e pavimento e fixação das tubagens embutidas, de:								
1.2.2.1.	Ø 16 mm	m	-	6,10	3,60	8,09 €	-	49,32 €	29,11 €
1.2.2.2.	Ø 20 mm	m	-	1,35	1,35	8,62 €	-	11,64 €	11,64 €
1.2.2.3.	Ø 25 mm	m	-	2,00	3,15	9,97 €	-	19,93 €	31,39 €

**Sub-total 1.2.**

**0,00 € 755,30 € 879,01 €**

**1.3. Tubagem para Água Quente da Rede Pública**

1.3.1	Fornecimento e montagem de tubo em Polipropileno PN20 (PPR), incluindo isolamento térmico em borracha sintética, envolvimento em folha de alumínio e abertura e tapamento de roços e furos na parede e pavimento e fixação das tubagens embutidas, de:								
1.3.1.1.	Ø 16 mm	m	0,20	0,20	0,20	10,13 €	2,03 €	2,03 €	2,03 €
1.3.1.2.	Ø 25 mm	m	2,30	2,30	2,30	11,57 €	26,62 €	26,62 €	26,62 €
1.3.1.3.	Ø 32 mm	m	6,60	6,60	14,30	13,22 €	87,26 €	87,26 €	189,06 €
1.3.1.4.	Ø 40 mm	m	8,70	8,70	1,00	16,50 €	143,52 €	143,52 €	16,50 €
1.3.1.5.	Ø 50 mm	m	-	-	-	-	-	-	-
1.3.2.	Fornecimento e montagem de tubo PEX, ou qualidade equivalente, incluindo manga vermelha, abertura e tapamento de roços e furos na parede e pavimento e fixação das tubagens embutidas, de:								
1.3.2.1.	Ø 16 mm	m	18,20	18,20	18,20	8,09 €	147,16 €	147,16 €	147,16 €
1.3.2.2.	Ø 20 mm	m	4,52	4,52	1,52	8,62 €	38,96 €	38,96 €	13,10 €
1.3.2.3.	Ø 25 mm	m	3,40	3,40	-	9,97 €	33,88 €	33,88 €	-

**Sub-total 1.3.**

**479,43 € 479,43 € 394,46 €**

ARTIGO	DESCRIÇÃO	UN.	QUANTIDADES			CUSTOS	CUSTOS TOTAIS		
			Hip. 0	Hip. 1	Hip. 2	UNITARIOS	Hip. 0	Hip. 1	Hip. 2
<b>1.4. Tubagem para Água Quente alimentada pelo SAAP</b>									
1.4.1.	Fornecimento e montagem de tubo em Polipropileno PN20 (PPR), abertura e tapamento de roços e furos na parede e pavimento e fixação das tubagens embutidas, de:								
1.4.1.1.	Ø 16 mm	m	-	-	0,20	10,13 €	-	-	2,03 €
1.4.1.2.	Ø 25 mm	m	-	-	13,70	11,57 €	-	-	158,56 €
1.4.1.3.	Ø 32 mm	m	-	-	-	13,22 €	-	-	-
1.4.1.4.	Ø 40 mm	m	-	-	6,55	16,50 €	-	-	108,06 €
1.4.1.5.	Ø 50 mm	m	-	-	-	18,86 €	-	-	-
1.4.2.	Fornecimento e montagem de tubo PEX, ou qualidade equivalente, incluindo manga azul, abertura e tapamento de roços e furos na parede e pavimento e fixação das tubagens embutidas, de:								
1.4.2.1.	Ø 16 mm	m	-	-	2,45	8,09 €	-	-	19,81 €
1.4.2.2.	Ø 20 mm	m	-	-	3,00	8,62 €	-	-	25,86 €
1.4.2.3.	Ø 25 mm	m	-	-	2,25	9,97 €	-	-	22,42 €
<b>Sub-total 1.4.</b>							<b>0,00 €</b>	<b>0,00 €</b>	<b>336,74 €</b>
<b>1.5. Equipamento</b>									
1.5.1.	Fornecimento e montagem de caixas de válvula de seccionamento aos compartimentos, incluindo colector de duas saídas de água quente da rede, três de água fria da rede, uma saída de água fria da chuva e uma de água quente da chuva, suportes para as tubagens								
		un	-	-	2	34,91 €	-	-	69,82 €
1.5.2.	Fornecimento e montagem de caixas de válvula de seccionamento aos compartimentos, incluindo colector de três saídas de água quente da rede, três de água fria da rede e uma saída de água fria da chuva, suportes para as tubagens e todos os acessórios necess								
		un	-	2	-	36,18 €	-	72,36 €	-



ARTIGO	DESCRIÇÃO	UN.	QUANTIDADES			CUSTOS	CUSTOS TOTAIS		
			Hip. 0	Hip. 1	Hip. 2		Hip. 0	Hip. 1	Hip. 2
1.5.3.	Fornecimento e montagem de caixas de válvula de seccionamento aos compartimentos, incluindo colector de três saídas de água quente da rede e quatro de água fria da rede, suportes para as tubagens e todos os acessórios necessários.	un	2	-	-	28,32 €	56,64 €	-	-
1.5.4.	Fornecimento e montagem de caixas de válvula de seccionamento aos compartimentos, incluindo colector de uma saída de água quente da rede e duas de água fria da rede, suportes para as tubagens e todos os acessórios necessários.	un	2	1	1	20,57 €	41,14 €	20,57 €	20,57 €
1.5.5.	Fornecimento e montagem de caixas de válvula de seccionamento aos compartimentos, incluindo colector de uma saída de água quente da rede, uma de água fria da rede e uma saída de água fria da chuva, suportes para as tubagens e todos os acessórios necessários	un	-	1	1	27,46 €	-	27,46 €	27,46 €
1.5.6.	Fornecimento e montagem de caixas de válvula de seccionamento aos compartimentos, incluindo colector de três saídas de água quente da rede, quatro de água fria da rede, uma saída de água fria da chuva e uma de água quente da chuva, suportes para as tubage	un	-	-	1	38,30 €	-	-	38,30 €
1.5.7.	Fornecimento e montagem de caixas de válvula de seccionamento aos compartimentos, incluindo colector de quatro saídas de água quente da rede e cinco de água fria da rede, suportes para as tubagens e todos os acessórios necessários.	un	1	-	-	33,59 €	33,59 €	-	-
1.5.8.	Fornecimento e montagem de caixas de válvula de seccionamento aos compartimentos, incluindo colector de quatro saídas de água quente da rede, quatro de água fria da rede e uma saída de água fria da chuva, suportes para as tubagens e todos os acessórios ne	un	-	1	-	39,43 €	-	39,43 €	-
1.5.9.	Fornecimento e montagem de caixas de válvula de seccionamento aos compartimentos, incluindo colector de duas saídas de água fria da rede/chuva, suportes para as tubagens e todos os acessórios necessários.	un	1	1	1	20,57 €	20,57 €	20,57 €	20,57 €

ARTIGO	DESCRIÇÃO	UN.	QUANTIDADES			CUSTOS	CUSTOS TOTAIS		
			Hip. 0	Hip. 1	Hip. 2	UNITÁRIOS	Hip. 0	Hip. 1	Hip. 2
1.5.10.	Fornecimento e montagem de válvulas de seccionamento em latão, incluindo acessórios de compressão:								
1.5.10.1.	Ø 15 mm	un	1	6	7	5,67 €	5,67 €	34,00 €	39,66 €
1.5.10.2.	Ø 18 mm	un	2	1	3	6,72 €	13,45 €	6,72 €	20,17 €
1.5.10.3.	Ø 22 mm	un	8	9	9	7,17 €	57,38 €	64,55 €	64,55 €
1.5.10.4.	Ø 28 mm	un	1	2	2	7,62 €	7,62 €	15,24 €	15,24 €
1.5.10.5.	Ø 35 mm	un	-	-		8,12 €	-	-	-
1.5.10.5.1.	Fornecimento e montagem de termoacumulador eléctrico de 80 litros e todos os acessórios necessários ao seu perfeito funcionamento.	un	-	-	1	125,00 €	-	-	125,00 €
<b>Sub-total 1.5.</b>							<b>236,06 €</b>	<b>300,91 €</b>	<b>441,35 €</b>

**Total**

**1.996,46 € 2.628,47 € 3.144,39 €**

ARTIGO	DESCRIÇÃO	UN.	QUANTIDADES			CUSTOS	CUSTOS TOTAIS		
			Hip. 0	Hip. 1	Hip. 2		Hip. 0	Hip. 1	Hip. 2

## 2. Drenagem da água do telhado e Reservatório em Betão Armado para o Aproveitamento da Água da Chuva

### Parte A - Construção Civil

#### 2.1 Movimento de terras

*Critério de medição: As escavações dos edifícios/obras foram feitas a partir da cota após decapagem.*

2.1.1	Escavação em abertura de valas e/ou fundações para implantação de órgãos, incluindo eventuais operações de baldeação e remoção para os terrenos adjacentes e/ou depósito provisório, entivação, drenagem do fundo e/ou rebaixamento do nível freático quando ne	m³	-	13,50	13,50	8,50 €	-	114,75 €	114,75 €
2.1.2	Aterro com produtos sobranes da escavação, incluindo a remoção dos produtos para aterro, espalhamento, rega, compactação, todos os trabalhos e materiais necessários, conforme peças desenhadas.	m³	-	2,543	2,543	3,75 €	-	9,54 €	9,54 €
2.1.3	Carga, transporte e descarga a vazadouro de produtos sobranes da escavação (não foi considerado empolamento).	m³	-	10,96	10,96	3,30 €	-	36,16 €	36,16 €
<b>Sub-total 2.1</b>							<b>0,00 €</b>	<b>160,45 €</b>	<b>160,45 €</b>

#### 2.2. Betão Armado

2.2.1	Fornecimento e execução de betão armado, betão C12/15, classe 2a (B16.3), em camada de regularização, armaduras em aço A400 NR, incluindo o fornecimento, dobragens, armações, ligações, emendas, carga, transporte, descarga e colocação todos os trabalhos ac	m³	-	2,80	2,80	250,00 €	-	698,89 €	698,89 €
<b>Sub-total 2.2.</b>							<b>0,00 €</b>	<b>698,89 €</b>	<b>698,89 €</b>

ARTIGO	DESCRIÇÃO	UN.	QUANTIDADES			CUSTOS	CUSTOS TOTAIS		
			Hip. 0	Hip. 1	Hip. 2	UNITÁRIOS	Hip. 0	Hip. 1	Hip. 2
2.3. Pinturas									
2.3.1	Pintura das superfícies interiores do reservatório em contacto com a água com "SIKATOP SEAL 107", ou qualidade equivalente, aplicada em 2 demãos, incluindo fornecimento, transporte e aplicação.	m²	-	24,57	24,57	4,64 €	-	114,00 €	114,00 €
2.3.2	Pintura das superfícies de cobertura do reservatório com IGOLATEX, ou qualidade equivalente, aplicada em 2 demãos, incluindo fornecimento, transporte e aplicação.	m²	-	27,87	27,87	8,72 €	-	242,92 €	242,92 €
Sub-total 2.3.							0,00 €	356,93 €	356,93 €
2.4. Serralharias									
2.4.1	Tampas e aro em ferro fundido, classe B125, incluindo argamassa de selagem ao traço 1:2, fornecimentos e colocação, com as seguintes dimensões:							0,00 €	0,00 €
2.4.1.1	650x750;	un	-	1	1	65,00 €	-	65,00 €	65,00 €
2.4.1.2	750x750;	un	-	1	1	90,00 €	-	90,00 €	90,00 €
Sub-total 2.4.								155,00 €	155,00 €
Sub-Total A.							0,00 €	1.371,27 €	1.371,27 €

ARTIGO	DESCRIÇÃO	UN.	QUANTIDADES			CUSTOS	CUSTOS TOTAIS		
			Hip. 0	Hip. 1	Hip. 2		Hip. 0	Hip. 1	Hip. 2

## Parte B - Equipamento Electromecânico e Eléctrico

### 2.5. Equipamento de bombagem

2.2.1	Grupo electrobomba centrifugo, horizontal multicelular, com depósito de membrana de 24 Lt, incluindo todos os acessórios necessários à sua instalação e funcionamento.	cj	-	1	1	250,00 €	-	250,00 €	250,00 €
<b>Sub-total 2.5</b>							<b>0,00 €</b>	<b>250,00 €</b>	<b>250,00 €</b>

### 2.6. Tubagens, válvulas e acessórios

<b>2.6.1</b>	<b>Rede de Drenagem</b>								
2.6.1.1.	Troço de tubagem em PVC PN0,4 DN110	m	-	19,90	19,90	5,68 €	-	113,03 €	113,03 €
2.6.1.2.	Filtro do tipo "3PRainus da 3PTecnick" ou equivalente, a instalar no tubo de queda DN80	Un	-	1	1	85,00 €	-	85,00 €	85,00 €
<b>2.6.2</b>	<b>Equipamento do Reservatório</b>								
2.6.2.1	Tê em PVC PN0,4 DN110*75	Un	-	1	1	13,32 €	-	13,32 €	13,32 €
2.6.2.2	Curva em PVC PN0,4 DN110	Un	-	1	1	2,74 €	-	2,74 €	2,74 €
2.6.2.3	Troço de tubagem em PVC PN0,4 DN110, incluindo passa-muros de duas flanges com anel de ancoragem e filtro com malha em Aço Inox	m	-	1,10	1,10	5,68 €	-	6,25 €	6,25 €
2.6.2.4	Troço de tubagem em PVC PN0,4 DN110, incluindo passa-muros de duas flanges com anel de ancoragem	m	-	2	2	5,68 €	-	11,70 €	11,70 €
2.6.2.5	Troço de tubagem em PVC PN0,4 DN75, incluindo passa-muros de duas flanges com anel de ancoragem	m	-	0,30	0,30	3,59 €	-	1,08 €	1,08 €
2.6.2.6	"Amortecedor" de água do tipo "3PCalmet da 3PTecnick" ou equivalente	Un	-	1	1	39,00 €	-	39,00 €	39,00 €
2.6.2.7	Bóia automática de nível	Un	-	1	1	19,45 €	-	19,45 €	19,45 €
2.6.2.8	Conjunto flutuante de sucção do tipo "3PTecnick" ou equivalente	Un	-	1	1	15,00 €	-	15,00 €	15,00 €

ARTIGO	DESCRIÇÃO	UN.	QUANTIDADES			CUSTOS	CUSTOS TOTAIS		
			Hip. 0	Hip. 1	Hip. 2	UNITÁRIOS	Hip. 0	Hip. 1	Hip. 2
2.6.2.9	Tubagem de aspiração em FFD PN10, DN28, incluindo passa-muros de duas flanges com anel de ancoragem.	m	-	1	1	1,06 €	-	1,06 €	1,06 €
2.6.2.10	Curva a 90º em FFD PN10, DN28.								
	DN28	Un	-	1	1	1,00 €	-	1,00 €	1,00 €
	DN35	Un	-	2	2	1,00 €	-	2,00 €	2,00 €
2.6.2.11	Válvula de retenção de esfera, em FFD PN10, DN28	Un	-	1	1	30,00 €	-	30,00 €	30,00 €
2.6.2.12	Válvula de cunha elástica de comando manual, incluindo volante, em FFD PN10, DN28	Un	-	1	1	30,00 €	-	30,00 €	30,00 €
2.6.2.13	Sondas de nível do reservatório	Un	-	3	3	25,00 €	-	75,00 €	75,00 €
2.6.2.14	Tubagem de aço Inox DN28, de entrada de água potável, incluindo passa-muros de duas flanges com anel de ancoragem	m	-	1	1	1,06 €	-	0,80 €	0,80 €
2.6.2.15	Descarga de superfície do reservatório de água da chuva em PVC PN0.4 DN125, incluindo passa-muros de duas flanges com anel de ancoragem	Un	-	1	1	5,68 €	-	5,68 €	5,68 €
2.6.2.16	Válvula de solenóide DN35	Un	-	1	1	50,00 €	-	50,00 €	50,00 €
2.6.2.17	Válvula de cunha elástica DN35	Un	-	1	1	35,00 €	-	35,00 €	35,00 €
<b>Sub-total 2.6</b>							<b>0,00 €</b>	<b>537,11 €</b>	<b>537,11 €</b>
<b>2.7. Autômato</b>									
2.7.1	Fornecimento e montagem de autômato, incluindo programação e ensaios e todos os acessórios.	vg	-	1	1	150,00 €	-	150,00 €	150,00 €
<b>Sub-total 2.7</b>							<b>0,00 €</b>	<b>150,00 €</b>	<b>150,00 €</b>
<b>Sub-Total B.</b>							<b>0,00 €</b>	<b>937,11 €</b>	<b>937,11 €</b>
<b>Total</b>							<b>0,00 €</b>	<b>2.308,37 €</b>	<b>2.308,37 €</b>

#### 5.4. ANEXO D: RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO SAAP

## Resultados para a habitação familiar (consumos base de 195L/dia)

Porto (com custos)

Volume do reservatório (L)	Despesas anuais (€)		Investimento Inicial (€)			Situação económica desfavorável				
	Gasto de energia	Operação e manutenção	Custo do reservatório	Custos fixos	Custos totais	Grau de aproveitamento	Redução no consumo de água potável	TRI	TIR	Ganhos após 10 anos (€)
1000	0,6	15	314	1569	1883	28%	49%	11	-10%	-1322
2000	0,7	15	628	1569	2197	32%	57%	11	-11%	-1533
3000	0,7	15	890	1569	2459	33%	59%	11	-12%	-1766
4000	0,7	15	1078	1569	2648	33%	59%	11	-13%	-1948
5000	0,7	15	1251	1569	2821	33%	59%	11	-13%	-2121
6000	0,7	15	1413	1569	2982	33%	59%	11	-14%	-2283
7000	0,7	15	1566	1569	3135	33%	59%	11	-15%	-2436
8000	0,7	15	1712	1569	3281	33%	59%	11	-	-2582

Porto

Volume do reservatório (L)	Grau de aproveitamento	Redução no consumo de água potável	Situação favorável			Situação desfavorável		
			TRI	TIR	Ganhos após 10 anos (€)	TRI	TIR	Ganhos após 10 anos (€)
1000	28%	49%	11	-9%	-1188	11	-10%	-1322
2000	32%	57%	11	-9%	-1377	11	-11%	-1533
3000	33%	59%	11	-10%	-1603	11	-12%	-1766
4000	33%	59%	11	-11%	-1784	11	-13%	-1948
5000	33%	59%	11	-12%	-1957	11	-13%	-2121
6000	33%	59%	11	-13%	-2119	11	-14%	-2283
7000	33%	59%	11	-13%	-2272	11	-15%	-2436
8000	33%	59%	11	-14%	-2418	11	-	-2582



Faro

Volume do reservatório (L)	Grau de aproveitamento	Redução no consumo de água potável	Situação económica favorável			Situação económica desfavorável		
			TRI	TIR	Ganhos após 10 anos (€)	TRI	TIR	Ganhos após 10 anos (€)
1000	34%	27%	11	-22%	-1718	11	-	-1756
2000	40%	33%	11	-21%	-1976	11	-	-2025
3000	42%	34%	11	-	-2221	11	-	-2272
4000	43%	35%	11	-	-2406	11	-	-2458
5000	43%	35%	11	-	-2579	11	-	-2631
6000	43%	35%	11	-	-2741	11	-	-2793
7000	43%	35%	11	-	-2893	11	-	-2946
8000	43%	35%	11	-	-3039	11	-	-3092

**Resultados para a habitação familiar (consumos com equipamentos de poupança de 137L/dia)**

Porto

Volume do reservatório (L)	Grau de aproveitamento	Redução no consumo de água potável	Situação favorável			Situação desfavorável		
			TRI	TIR	Ganhos após 10 anos (€)	TRI	TIR	Ganhos após 10 anos (€)
1000	22%	57%	11	-12%	-1340	11	-13%	-1447
2000	25%	64%	11	-12%	-1573	11	-14%	-1694
3000	26%	65%	11	-14%	-1823	11	-15%	-1946
4000	26%	65%	11	-14%	-2011	11	-	-2134
5000	26%	65%	11	-	-2183	11	-	-2307
6000	26%	65%	11	-	-2345	11	-	-2469
7000	26%	65%	11	-	-2498	11	-	-2622
8000	26%	65%	11	-	-2644	11	-	-2767

Faro

Volume do reservatório (L)	Grau de aproveitamento	Redução no consumo de água potável	Situação económica favorável			Situação económica desfavorável		
			TRI	TIR	Ganhos após 10 anos (€)	TRI	TIR	Ganhos após 10 anos (€)
1000	28%	33%	11	-	-1762	11	-	-1793
2000	33%	38%	11	-	-2040	11	-	-2077
3000	33%	38%	11	-	-2298	11	-	-2336
4000	33%	38%	11	-	-2486	11	-	-2524
5000	33%	38%	11	-	-2659	11	-	-2697
6000	33%	38%	11	-	-2821	11	-	-2858
7000	33%	38%	11	-	-2974	11	-	-3011
8000	33%	38%	11	-	-3119	11	-	-3157

## Resultados para várias habitações (consumos base de 195L/dia)

Porto (5 habitações)

Volume do reservatório (L)	Grau de aproveitamento	Redução no consumo de água potável	Situação favorável			Situação desfavorável		
			TRI	TIR	Ganhos após 10 anos (€)	TRI	TIR	Ganhos após 10 anos (€)
1000	92%	27%	10	8%	52	11	7%	-319
2000	68%	36%	9	11%	471	11	10%	-33
3000	59%	42%	8	12%	693	10	10%	102
4000	53%	46%	8	13%	846	10	11%	194
5000	49%	49%	8	13%	930	10	11%	232
6000	47%	52%	8	13%	970	10	11%	235
7000	45%	54%	8	12%	968	10	10%	206
8000	44%	55%	8	12%	933	10	10%	151

Faro (23 habitações)

Volume do reservatório (L)	Grau de aproveitamento	Redução no consumo de água potável	Situação económica favorável			Situação económica desfavorável		
			TRI	TIR	Ganhos após 10 anos (€)	TRI	TIR	Ganhos após 10 anos (€)
14000	28%	23%	8	11%	1037	10	9%	96
15000	29%	23%	8	11%	1067	10	9%	99
16000	29%	24%	8	11%	1098	10	9%	104
17000	30%	24%	8	11%	1124	10	9%	105
18000	31%	25%	8	11%	1141	10	9%	100
19000	31%	25%	8	11%	1156	10	9%	92
20000	32%	26%	8	11%	1164	10	9%	79
21000	33%	26%	8	11%	1165	10	9%	62

## Resultados para edifício de escritórios

Porto (11697L/dia com custos)

Volume do reservatório (L)	Despesas anuais (€)		Investimento inicial (€)			Situação económica desfavorável		
	Gasto de energia	Operação e manutenção	Custo do reservatório	Custos fixos	Custos totais	TRI	TIR	Ganhos após 10 anos (€)
35000	23	160	4580	9903	14482	5	27%	14972
40000	24	160	5006	9903	14909	5	27%	15545
45000	24	160	5415	9903	15318	5	27%	15894
50000	25	160	5809	9903	15712	5	27%	16073
55000	25	160	6190	9903	16093	5	27%	16160
60000	25	160	6560	9903	16462	5	26%	16168
65000	26	160	6919	9903	16822	5	26%	16131
70000	26	160	7270	9903	17172	5	25%	16035

Porto (11697L/dia)

Volume do reservatório (L)	Grau de aproveitamento	Redução do consumo nos WC's	Redução total	Situação económica favorável			Situação económica desfavorável		
				TRI	TIR	Ganhos após 10 anos (€)	TRI	TIR	Ganhos após 10 anos (€)
35000	51%	40%	13%	4	29%	21548	5	27%	14972
40000	53%	41%	14%	4	29%	22340	5	27%	15545
45000	54%	42%	14%	4	29%	22856	5	27%	15894
50000	55%	43%	14%	4	29%	23161	5	27%	16073
55000	56%	44%	15%	4	29%	23350	5	27%	16160
60000	57%	44%	15%	4	28%	23441	5	26%	16168
65000	57%	45%	15%	4	28%	23475	5	26%	16131
70000	58%	45%	15%	5	27%	23435	5	25%	16035

Faro (11697L/dia)

Volume do reservatório (L)	Grau de aproveitamento	Redução do consumo nos WC's	Redução total	Situação económica favorável			Situação económica desfavorável		
				TRI	TIR	Ganhos após 10 anos (€)	TRI	TIR	Ganhos após 10 anos (€)
30000	56%	20%	7%	7	15%	7013	8	13%	3.134
35000	58%	21%	7%	7	15%	7686	8	14%	3.606
40000	61%	21%	7%	7	16%	8113	8	14%	3.879
45000	63%	22%	7%	7	16%	8458	8	14%	4.089
50000	64%	23%	8%	7	16%	8614	8	14%	4.145
55000	65%	23%	8%	7	15%	8666	8	14%	4.120
60000	66%	23%	8%	7	15%	8666	8	14%	4.054
65000	67%	24%	8%	7	15%	8629	8	13%	3.959

Porto (7181L/dia)

Volume do reservatório (L)	Grau de aproveitamento	Redução do consumo nos WC's	TRI	Retorno (anos)	Situação económica favorável		Situação económica desfavorável		
					TIR	Ganhos após 10 anos (€)	TRI	TIR	Ganhos após 10 anos (€)
25000	37%	47%	10%	6	21%	11830	6	19%	7169
30000	39%	50%	10%	5	22%	13057	6	20%	8090
35000	40%	51%	11%	5	22%	13616	6	20%	8467
40000	41%	53%	11%	5	21%	13908	6	20%	8630
45000	42%	54%	11%	6	21%	14039	6	19%	8664
50000	43%	54%	11%	6	21%	14052	6	19%	8603
55000	43%	55%	11%	6	20%	13987	6	19%	8481
60000	43%	55%	11%	6	20%	13884	6	18%	8330

Faro (7181L/dia)

Volume do reservatório (L)	Grau de aproveitamento	Redução do consumo nos WC's	Redução total	Situação económica favorável			Situação económica desfavorável		
				TRI	TIR	Ganhos após 10 anos (€)	TRI	TIR	Ganhos após 10 anos (€)
30000	46%	27%	5%	9	10%	2978	11	9%	-175
35000	49%	28%	6%	8	11%	3693	10	9%	331
40000	50%	29%	6%	8	11%	3924	10	9%	444
45000	51%	30%	6%	8	11%	4041	10	9%	466
50000	52%	30%	6%	8	11%	4015	10	9%	374
55000	53%	31%	6%	8	11%	3928	10	9%	234
60000	54%	31%	6%	9	10%	3804	10	9%	66
65000	54%	31%	6%	9	10%	3649	11	8%	-125

Porto (6040L/dia)

Volume do reservatório (L)	Grau de aproveitamento	Redução do consumo nos WC's	Redução total	Situação económica favorável			Situação económica desfavorável		
				TRI	TIR	Ganhos após 10 anos (€)	TRI	TIR	Ganhos após 10 anos (€)
20000	31%	48%	12%	6	18%	8522	7	16%	4546
25000	34%	51%	12%	6	19%	9798	7	17%	5502
30000	35%	53%	13%	6	19%	10420	7	17%	5927
35000	36%	55%	13%	6	19%	10779	7	17%	6141
40000	37%	56%	14%	6	19%	10944	7	17%	6199
45000	38%	57%	14%	6	18%	10990	7	17%	6163
50000	38%	58%	14%	6	18%	10923	7	16%	6037
55000	39%	58%	14%	6	18%	10783	7	16%	5854

Faro (6040L/dia)

Volume do reservatório (L)	Grau de aproveitamento	Redução do consumo nos WCs	Redução total	Situação económica favorável			Situação económica desfavorável		
				TRI	TIR	Ganhos após 10 anos (€)	TRI	TIR	Ganhos após 10 anos (€)
20000	37%	26%	6%	10	8%	594	11	6%	-1.954
25000	41%	28%	7%	9	9%	1461	11	7%	-1.334
30000	43%	29%	7%	9	9%	1953	11	7%	-1.016
35000	45%	31%	7%	9	9%	2167	11	8%	-920
40000	46%	32%	8%	9	9%	2281	11	8%	-903
45000	47%	32%	8%	9	9%	2314	11	7%	-950
50000	48%	33%	8%	9	9%	2235	11	7%	-1.085
55000	49%	33%	8%	9	9%	2133	11	7%	-1.238

## 5.5. ANEXO E: RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO SAAC

### Habitação familiar

Sem equipamentos de poupança (195L/dia)

Localização	Sistema de tratamento	Grau de aproveitamento	Redução (autoclismo+máquina de lavar roupa+outros)	Redução total	Situação económica favorável			Situação económica desfavorável		
					TRI	TIR	Ganhos após 10 anos (€)	TRI	TIR	Ganhos após 10 anos (€)
Porto	Ecodepur	62%	100%	36%	11	-6%	-1848	11	-7%	-2125
	Remosa	62%	100%	36%	11	-14%	-4431	11	-	-4709
Faro	Ecodepur	62%	100%	36%	11	-14%	-2915	11	-	-3085
	Remosa	62%	100%	36%	11	-	-5499	11	-	-5669

Com equipamentos de poupança (137L/dia)

Localização	Sistema de tratamento	Grau de aproveitamento	Redução (autoclismo+máquina de lavar roupa+outros)	Redução total	Situação económica favorável			Situação económica desfavorável		
					TRI	TIR	Ganhos após 10 anos (€)	TRI	TIR	Ganhos após 10 anos (€)
Porto	Ecodepur	100%	98%	25%	11	-11%	-2396	11	-13%	-2574
	Remosa	100%	98%	25%	11	-	-4980	11	-	-5158
Faro	Ecodepur	100%	98%	25%	11	-	-3262	11	-	-3369
	Remosa	100%	98%	25%	11	-	-5846	11	-	-5953

## Edifício de Escritórios

Com equipamentos de máxima poupança (6040L/dia)

Localização	Sistema de tratamento	Grau de aproveitamento	Redução (autoclismos+urinóis)	Redução total	Situação económica favorável			Situação económica desfavorável		
					TRI	TIR	Ganhos após 10 anos (€)	TRI	TIR	Ganhos após 10 anos (€)
Porto	Almaqua	32%	100%	24%	4	33%	29178	4	32%	20968
	Ecodepur	32%	100%	24%	5	22%	21290	6	20%	13579
Faro	Almaqua	32%	100%	24%	3	41%	38559	3	39%	28600
	Ecodepur	32%	100%	24%	4	28%	30275	5	26%	20921

Com equipamentos mais económicos (7181 L/dia)

Localização	Sistema de tratamento	Grau de aproveitamento	Redução (autoclismos+urinóis)	Redução total	Situação económica favorável			Situação económica desfavorável		
					TRI	TIR	Ganhos após 10 anos (€)	TRI	TIR	Ganhos após 10 anos (€)
Porto	Almaqua	41%	100%	27%	3	40%	37928	3	38%	28143
	Ecodepur	41%	100%	27%	4	28%	29513	5	26%	20323
Faro	Almaqua	41%	100%	27%	3	49%	49192	3	47%	37320
	Ecodepur	41%	100%	27%	4	34%	40270	4	33%	29118



Sem chuveiro e com poupança máxima (3060L/dia)

Localização	Sistema de tratamento	Grau de aproveitamento	Redução (autoclismos+urinóis)	Redução total	Situação económica favorável			Situação económica desfavorável		
					TRI	TIR	Ganhos após 10 anos (€)	TRI	TIR	Ganhos após 10 anos (€)
Porto	Almaqua	100%	100%	0%	8	13%	6331	9	11%	2232
	Ecodepur	100%	100%	0%	11	6%	-186	11	4%	-4032
Faro	Almaqua	100%	43%	11%	6	18%	10792	7	16%	5827
	Ecodepur	100%	43%	11%	9	10%	4173	11	8%	-484